

183
**HERRING FISHERMEN AND
BIOLOGISTS:
THEIR ROLES IN STOCK
ASSESSMENT**

DFO - Library / MPO - Bibliothèque



12038352

Herring Workshop
Held at the Gulf Fisheries Centre in
Moncton, New Brunswick
February 25-26, 1987

E.M.P. Chadwick, Editor

Marine and Anadromous Fish Division
Science Branch, Gulf Region
Department of Fisheries and Oceans
P.O. Box 5030, Moncton, N.B. E1C 9B6

February 1988

**Canadian Industry Report of
Fisheries and Aquatic
Sciences No. 183**

54
223
C375
#183

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Industry reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1-91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92-110 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Industry reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports à l'industrie peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports à l'industrie sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

Les rapports à l'industrie sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Industry Report of
Fisheries and Aquatic Sciences 183

February 1988

**HERRING FISHERMEN AND BIOLOGISTS:
THEIR ROLES IN STOCK ASSESSMENT**

Herring Workshop
Held at the Gulf Fisheries Centre in Moncton, New Brunswick
February 25-26, 1987

by

E.M.P. Chadwick, Editor

Marine and Anadromous Fish Division
Science Branch, Gulf Region
Department of Fisheries and Oceans
P.O. Box 5030, Moncton, NB E1C 9B6

(c)Minister of Supply and Services Canada 1988

Cat. No. Fs97-14/183E

ISSN 0704-3694

Correct citation for this publication:

Chadwick, E.M.P. 1988. Herring Fishermen and Biologists: Their Roles in Stock Assessment. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. 183: viii + 131 p.

CONTENTS

1. INTRODUCTION	Denis Rivard, Chairman	1
2. ESTIMATE OF POPULATION SIZE		2
2.1 HERRING STOCKS: ARE THEY REAL? - Derrick Iles		3
2.1.1 Questions and Comments		8
2.2 CATCH DATA: ITS IMPORTANCE AND COMPLEXITIES - Robert Stephenson		14
2.2.1 The Place and Importance of Catch Data		14
2.2.2 Complexities of Catch Data		14
2.2.3 Matching Catch and Biological Information to Create the Catch Matrix		15
2.2.4 Conclusion		16
2.2.5 References		16
2.2.6 Questions and Comments		16
2.3 SAMPLING OF THE HERRING FISHERIES IN SOUTHERN GULF OF ST. LAWRENCE - Michael Chadwick		28
2.3.1 Objectives		28
2.3.2 Background		28
2.3.3 Length-Frequency Samples		29
2.3.4 Detail Samples		29
2.3.5 Catch-at-age		30
2.3.6 Weight-at-age		30
2.3.7 Questions and Comments		31

2.4	ABUNDANCE INDICES	37
2.4.1	Index Fishermen: a summary of the herring research gillnet program in Newfoundland Region - John Wheeler	37
2.4.1.1	Methodology	37
2.4.1.2	Analysis	38
2.4.1.3	Pros and Cons	39
2.4.1.4	Questions and Comments	40
2.4.2	Acoustic surveys for estimating size of herring populations - Ross Shotton	46
2.4.2.1	The physics of Sound Involved in Acoustic Techniques	46
2.4.2.2	Estimation of Fish Density	48
2.4.2.3	The Effect of Herring Behavior on Acoustic Surveys	49
2.4.2.4	Relation of Backscattering Cross Section and Herring Aspect	50
2.4.2.5	Survey Design Requirements	51
2.4.2.6	Requirements for Biological Information	52
2.4.2.7	Future Possible Innovations in Acoustic Survey Techniques	53
2.4.2.8	Questions and Comments	53
2.4.3	Spawning bed surveys in Southern Gulf of St. Lawrence - Shoukry Messieh	55
2.4.3.1	Locating the Spawning Beds	55
2.4.3.2	Description of Spawning Beds	56
2.4.3.3	Egg Density	56
2.4.3.4	Estimating Number of Spawners	57

2.4.3.5	Incubation Period	57
2.4.3.6	Egg Mortalities	58
2.4.3.7	Questions and Comments	58
2.4.4	Larval surveys in Bay of Fundy - Robert Stephenson	64
2.4.4.1	Introduction	64
2.4.4.2	Methods	64
2.4.4.3	Questions and Comments	65
2.4.5	Log books in Bay of Fundy - Michael Power and Robert Stephenson	71
2.4.5.1	Introduction	71
2.4.5.2	Development of the 4WX Purse Seine Logbook ...	71
2.4.5.3	CPUE Analysis	72
2.4.5.4	References	72
2.4.5.5	Questions and Comments	73
2.4.6	Fishermen's surveys: gillnetters in Gulf of St. Lawrence - Gloria Nielsen	77
2.4.6.1	Historical Index of Abundance	77
2.4.6.2	History of the Gillnetters Survey	77
2.4.6.3	The 1986 Gillnetters Survey	78
2.4.6.4	Results of the 1986 Survey	79
2.4.6.5	Questions and Comments	80
2.5	VIRTUAL POPULATION ANALYSIS - Robert O'Boyle	94
2.5.1	The Input Data	94
2.5.2	Some Fundamentals of VPA	95
2.5.3	How does a VPA Work?	96

2.5.4	Calibration	97
2.5.5	Summary	98
2.5.6	Questions and Comments	98
3.	FORECAST	107
3.1	FORECAST OF HERRING CATCHES IN GULF OF ST. LAWRENCE - Michael Chadwick	108
3.1.1	Objective	108
3.1.2	Optimal Rate of Fishing	108
3.1.3	Projected Population	108
3.1.4	Recruitment	109
3.1.5	Summary	110
3.1.6	Questions and Comments	110
3.2	BIOLOGICAL ADVICE FOR BRITISH COLUMBIA HERRING - Max Stocker	114
3.2.1	Herring Management Structure	114
3.2.2	Methods of Stock Assessment and Forecasting	115
3.2.3	Summary	116
3.2.4	References	116
3.2.5	Questions and Comments	117
4.	FUTURE COOPERATION	121
4.1	BAY OF FUNDY: AN EXAMPLE OF COOPERATION BETWEEN SCIENTISTS AND INDUSTRY - Derrick Iles	122
4.2	DO WE NEED A FORMAL MECHANISM?	128

4.3	SUMMARY OF MAJOR ISSUES	129
4.3.1	Stock Identity	129
4.3.2	Index Fishermen	129
4.3.3	Acoustic Surveys	129
4.3.4	Spawning Bed Survey	129
4.3.5	Larval Surveys	129
4.3.6	Log Books	130
4.3.7	Forecasts	130
5.	LIST OF PARTICIPANTS	131

ABSTRACT

Chadwick, E.M.P. 1988. Herring Fishermen and Biologists: Their Roles in Stock Assessment. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. 183: viii + 131 p.

In February 1987, a workshop was held with representatives from the herring fishery in southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T) and herring biologists from Gulf, Scotia-Fundy, Newfoundland, Pacific, and Ottawa regions. The objective of the workshop was to review the basic ingredients of a stock assessment and to explore ways that industry could contribute to the annual stock assessment of 4T herring.

RÉSUMÉ

Chadwick, E.M.P. 1988. Pêcheurs de hareng et biologistes: leurs rôles dans l'évaluation des stocks. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 183: viii + 144 p.

En février 1987, il y eut un atelier sur le hareng regroupant des représentants de l'industrie du hareng du sud du Golfe du Saint-Laurent et des biologistes du hareng des régions du Golfe, de Scotia-Fundy, de Terre-Neuve, du Pacifique et d'Ottawa. L'atelier avait pour but d'examiner les éléments de base requis dans l'évaluation d'un stock et d'identifier de quelles façons l'industrie pourrait contribuer à l'évaluation annuelle du hareng 4T.

1. INTRODUCTION

Denis Rivard, Chairman
Fisheries and Biological Sciences Directorate
Fisheries Research Branch
200 Kent Street
Ottawa, Ontario
Canada K1A 0E6

The objective of this workshop is to bring fishermen, the industry and biologists together to discuss how they can collectively and cooperatively generate the data essential for a good stock assessment. This workshop was originally proposed by Mr. Peter Dysart, from the New Brunswick Fish Packers Association. The workshop was jointly planned by the New Brunswick Fish Packers Association, the Prince Edward Island Fishermen Association, the Maritimes Fisheries Union and the Department of Fisheries and Oceans, Gulf Region. It must be clear that the workshop is not being held to review past assessments, nor to conduct one for 1987 or thereafter. Rather, this workshop is an attempt to bring all sides of a very controversial fishery together to facilitate understanding of the components of the 4T assessment, will promote a better appreciation of the biological assessment and will perhaps forge a cooperative approach to data collection.

The agenda is structured according to the two basic components of a stock assessment. The first component is the analysis of research data that lead to the estimation of the current stock size or stock conditions. The presentations and the discussions will focus on the basic ingredients of an assessment, including stock identity, catch data, sampling data, and abundance indices. The second component is a forecast of stock size and of catch levels for upcoming years. The presentations will also include an outline of the management of herring on the Canadian Pacific Coast, as well as an overview of a cooperative project in the Bay of Fundy. The last session of the workshop will take the form of an open discussion on future cooperation. We are looking for well defined ways by which fishermen can contribute their knowledge to stock assessments.

I trust that this workshop will contribute to a better understanding of a number of technical aspects of biological assessments, will serve to reiterate the importance of a sound data base, and will provide a number of useful recommendations for future cooperation.

2. ESTIMATE OF POPULATION SIZE

How many herring are in the Gulf of St. Lawrence is the foremost question in the minds of fishermen and biologist. In this section, it will be seen that an understanding of stock identity is an important first step. Next we deal with the landings and sampling that is necessary to calculate the ages of all herring caught in the Gulf of St. Lawrence. This part is followed by presentations on six types of abundance index. The final part on virtual population analysis shows us how the abundance index can be used to estimate the proportion of catch to total population size.

Please note that after each presentation there is a summary of questions and comments raised during the workshop.

2.1 HERRING STOCKS - ARE THEY REAL?

Derrick Iles
Science Branch
Scotia-Fundy Region
Biological Station
St. Andrews, N.B.

There are two kinds of fishes, the cartilaginous fishes, the sharks, skates and rays, and the bony fishes, called "teleosts" by fisheries biologists. It is the teleosts that make up most of the worlds fish catch. The herring-like fishes are bony, teleost fishes, and there are about 360 different kinds of them, almost one for each day of the year. Even so they make up only a small fraction of the teleosts that as a whole, include about 30,000 different kinds or species. On the other hand, the herring-like fishes have been around a lot longer than most bony fishes, and are thought to be about 150 million years old; the only older bony fishes are the eels! When it is realized that the Atlantic ocean is itself only a bit more than 100 million years old, and that as recently as 15,000 years ago this part of the world, including where we now catch herring, was under ice cover, it is not surprising that herring have learned a thing or two that we are still trying to work out!

Herring are found also in the Pacific and in the Arctic, but this is a different kind of herring with another name, and considered to be a different species. It is now believed by some that when the Atlantic ocean began to open up from the huge land mass that included what is now Europe, Africa, and North and South America, the herring-like fishes were the first to take advantage of the new opportunities for aquatic animals.

Herring feed on plankton for the whole of their life history, and are thus able to tap the most abundant food resource in the oceans, which accounts for their large numbers, and for the fact that they support such large fisheries. Herring are important prey for larger fishes, which pass on the production in forms that we exploit. It is not surprising that herring became the basis for the earliest large scale fisheries undertaken by man.

These historical fisheries have been talked about or documented for well over a thousand years, and were so important economically that whole countries and civilizations developed and became dependent on them. The Hanseatic League was the dominant economic power in Europe in the 12th and 13th centuries and this power was founded on herring. The "hanse" towns, which included Hamburg and Lubec, protected this power by stringent regulations on every detail of the fishery and the marketing of its products. The town of Lubec in what is now Germany, and which has a "sister" town in our part of the world, had its own executioner who enforced the licensing and reporting regulations at the end of a rope! Heaven help you if you did not fill in your log-book! There are many people in the

Canadian industry who think that things have not improved much since! On the other hand there are some managers who look back on the "good old days" with regret and longing!

In North America the indigenous weir fishery for small herring predated colonization, but the earliest settlers on the continent also relied on the herring for food and trade. In this particular part of the world, eastern Canada, it is still important overall and crucial to the well being of many communities. This brings me to my first point, that fishermen have had a much more direct involvement with herring over a much longer period of time than have fisheries biologists. They have been earning a living from them, and have been able to do so only because they have learned so much about them. It has been said that the average herring is smarter than the average fisheries biologist - and is almost as smart as the average fisherman!

One main reason for the existence of large herring fisheries is that to the fishermen, herring was so predictable. One could go to the same place at the same time every year and find the herring there, almost to the day and the mile, even in the open sea. Inshore herring fisheries were even more predictable, which accounts for the existence of the New Brunswick "sardine" industry, at one time the most important industry in the area. It is this predictability and regularity in the behaviour of herring that is recognized by both fishermen and scientists, or most of them at least, as demonstrating that there are "different kinds of herring". We refer to these as "stocks", and it is the identification and separation of the different stocks of herring that is the real (herring) problem for the herring biologist - he dreams that he can solve the stock problem in his area and has nightmares that this will turn out to be impossible!

To give some indication of the nature of this problem it is necessary only to list names of some of the best known stocks. For example the East Anglian herring, the Norwegian herring, Grand Manan, Georges Bank, Minas Basin, Magdalene Island, Icelandic Spring, Icelandic Summer, Whitby, Dogger Bank, Buchan herring, Isle of Man herring, Zuider Zee, Clyde, Faroes - the list could go on and on and would contain at least a hundred names and possibly two hundred, if we took into account both sides of the Atlantic. Each "stock" has its own particular spawning area and spawns at its own particular time of year; the problem is that they all look very much alike, all are obviously herring and differ only in minor ways.

To complicate the problem herring are great wanderers; outside the spawning period they migrate apparently in all directions and are known to mix while feeding or overwintering. This became obvious when biologists first began to put "tags" on them, for then individuals could be recognized uniquely by this artificial label put on by the biologist; untagged fish only too often looked the same as any other herring!

Why was this so important? There is a song which maintains that only God can make a tree, and it is equally true that only a herring can make a herring. This question is whether only a Magdalene Island herring can make another Magdalene Island herring. If this is so, the proper management of

herring has to be based on the protection of individual "stocks" identified at the spawning ground and period, and then followed and given equivalent protection wherever they may wander thereafter.

To bring this point home we can look at the stock picture for the west Atlantic, which happens to be taken from a report that was prepared as the biological basis for the very first agreement on quotas for herring, made at ICNAF (International Commission for Northwest Atlantic Fisheries) in 1972. It can be pointed out that this agreement, which involved Canada, the United States and the foreign countries that were exploiting herring off our east coast, was considered to be absolutely essential by Canadian industry and was a necessary part of the process that led to the establishment of the Canadian 200 mile management zone. At that time management was not a dirty word!

This example is important because it illustrates the way in which the stock question becomes a vital practical one. ICNAF was the only organization with the authority to agree to management measures, and although the convention area covered the whole of the northwest Atlantic north of Cape Cod, this was subdivided into smaller areas, as it was completely impractical to apply catch regulations to the whole convention area. This would make as much sense as having a Total Allowable Catch (TAC) for the whole of eastern Canada!

While Canada and the U.S.A. both wanted the foreigners out in the long term, in the early 1970's we were both bound by the rules set out in the ICNAF Treaty and would be until such time as we achieved exclusive management rights for ourselves. For Canada the position was more complicated because we had recently declared the Bay of Fundy and the Gulf of St. Lawrence areas to be exclusively for the use of Canadian fishermen. This creation of "exclusive fishing zones" was part of our general policy to gain management control of the whole 200 mile zone, but there was no certainty that it would be accepted internationally, particularly if it conflicted with the management mandate of ICNAF.

There was a way out as far as the Gulf herring were concerned, for if we could show that certain herring stocks were confined to these areas of obvious Canadian "content" we could maintain that they could safely be left to us to manage. This would be all the more acceptable for fisheries in which we were the only participants, as was the case for the Gulf of St. Lawrence stocks and those of Newfoundland.

As the result of a lot of hard work and thought on the part of the relatively small group of herring scientists that were available in the late 1960's and early 1970's in eastern Canada, this was achieved. It was shown that there was little movement of herring caught within the Gulf into areas accessible to the foreign fleet. Tagging experiments and other studies proved that herring migrated along distances from the Gulf in the fall and winter, but this movement was towards the Newfoundland coast and was mainly well within the 12 mile "territorial sea" zone we had already established.

However this still left the Scotian Shelf, the Bay of Fundy including the big fishery off southwest Nova Scotia, and the Gulf of Maine and Georges Bank. Outside Canada's 12 mile limit, all of these areas were infested by foreign herring fishermen! If we wanted to persuade them to leave the herring to us it was necessary to show that they were, indeed, our herring, that the fish they were catching offshore belonged to the same "stocks" as those we were exploiting.

To put all this into its proper perspective it must be appreciated that only Canada and the U.S.A. were really interested in preserving the fish in the ICNAF area, and that all of the initiatives for "conservation" came from Canada and the U.S.A. The scientists of the other countries co-operated in getting at the scientific facts, and played a vital part in supporting the management case but it was up to the "coastal states" to initiate the proposals at the political level and to organize their debate and acceptance at ICNAF at the management level.

The major problem was to demonstrate that management was feasible within the administrative context of the treaty that had established ICNAF in the first place. Some countries would have been glad to have an excuse not to accept management controls even though it was difficult for them to deny that management was a good thing and highly desirable - after all ICNAF was set up to achieve management; they would not wish to appear greedy and irresponsible.

From the outcome, it was possible to demonstrate that each of the three administrative areas of ICNAF that were being considered contained a single major herring stock. This meant that three separate proposals could be put forward; one for each area. It is important to appreciate that the key biological issue that was both appreciated and indeed insisted upon at the "management" level was that the stocks were "reproductively isolated". This implied that if one stock was overfished, would it not be replaced by others, which is what was meant by "reproductive isolation". On a more practical level, this meant that IF agreement on the way that each TAC was shared by the competing countries was reached, and IF the scientific work on which the TAC was based was sound, and IF there was no cheating in the reporting of catches, a country's share was "money in the bank"! Within the overall TAC, ownership of the individual allocation was assured, and each country could make its own plans as to how it would make the most of its share.

Fortunately, the members of ICNAF, who made up a pretty mixed bunch politically with less in common than say a seiner skipper and a gill-netter in the Gulf, did finally agree in January 1972 on TAC's and allocations for each of the major stocks. The three stocks (Figure 1) were those spawning off southwest Nova Scotia (A in Figure 1) and, on Georges Bank (C), in the inshore Gulf of Maine (B). In addition, regulations were introduced to control the Canadian and U.S.A. inshore fisheries for juveniles, while conceding that these inshore "sardine" fisheries of Maine and New Brunswick would then be our own business. In return we promised to follow accepted management guidelines and to report all of our catches in the inshore region.

This agreement for herring at ICNAF was the first of its kind for any fishery anywhere in the world but it was quickly followed by agreement for virtually all the stocks for all species in the whole of the ICNAF area.

The question arises, however, whether the assumptions about the separateness and integrity of the different herring stocks made at that rather special time were justified, and whether the principles involved could be applied more generally.

It can be claimed that at least as far as this part of the world is concerned there is not much doubt. Figure 2 shows a map of the area with circles indicating how far herring tagged by Canadian scientists were found to travel. As can be seen, the average distance travelled by herring that were at large for any reasonable length of time is far greater than the distance between the spawning grounds in the Gulf of Maine and adjacent parts. Figure 3 shows the subsequent history of two of the largest stocks, the Georges Bank stock and the Nova Scotia stock.

The Nova Scotia stock was under relatively strict Canadian control from 1972 onwards. In early 1972, Canada set up the "Atlantic Herring Management Committee" which was a forum at which the provincial governments and industry could interact directly in all management matters. This committee regularly reviewed all relevant information and proposals, and was largely responsible for the general acceptance of the need for management within the Canadian herring industry, and to a degree that is unique anywhere in the world. While there was considerable argument about "internal management", that the resource needed protection from uncontrolled fishing effort as much after as before Canada had taken over responsibility, the extension of jurisdiction was never in question.

The other stock was subject to international regulation but it proved to be too little too late, and in addition the regulations were themselves difficult to enforce. There is no prize for guessing which is which in the figure, but it can be claimed, and quite legitimately, that the Canadian management of the last 15 years has been worth many hundreds of millions of dollars to the Canadian economy, and has saved a whole lot of public money and provided a lot of employment. And as far as the reality of stocks is concerned, if they are not really "separate", then the vacant Georges Bank spawning area, which was the biggest in the eastern Atlantic, would surely have been colonized by one or other of the many other spawning groups in the immediate area.

The reality of herring stocks has recently been challenged by foreign scientists on the grounds that certain kinds of genetic evidence does not show the differences that might be expected from classical genetic theory. It is true that in many, indeed most cases, obvious physical differences that can be easily described and can be applied under any circumstances at any place and any time of year are difficult or impossible to find. But the real question to be answered is whether what we see as "stocks" behave differently in the crucial way of reproducing "their own kind" in "their own place" and up to now the evidence for this is pretty solid. It is also

precisely the sort of evidence that has been the good herring fisherman's stock in trade for hundreds of years.

This does not mean that we have all the answers, but it does indicate that the same set of accurate facts can carry the same weight for both the scientist and the fisherman if there is an opportunity to discuss the evidence frankly and in a reasonably objective atmosphere. One thing is worth stating, and that is that both fisherman and scientist earns his living from the same animal and needs to know as much about it as possible. Under these circumstances it is not very sensible, surely, to completely ignore what the other is saying!

2.1.1 Questions and Comments

Question:

Has the maintenance of herring yields from the Bay of Fundy stocks, in contrast to the crash in yields from the Georges Bank stock, been a result of good fortune, or the consequence of management quotas?

Response:

Initially the Fundy stocks were fished less intensively because of their inshore nature. Quotas were introduced at the time of the start of the decline of the Georges Bank fishery, preventing excessive effort on the Fundy stocks. Of note is that despite the close proximity of the two stocks, and the continued relatively high levels of the Fundy stock, it has not led to a recovery of the Georges Bank stock by cross-over from one area to the other. This is also found elsewhere, e.g., the Whitby herring population in the North Sea, maintained its population levels while the more easily fished Dogger Bank population 60 miles away, was fished-out.

Response:

The Magdalene herring stock, which collapsed in the 1970's offers another example of a herring stock which crashed while nearby populations were able to maintain their stock sizes, and no apparent "cross-over" occurred.

Question:

Must quotas be stock specific for efficient utilization of the resource?

Response:

Generally yes, but historical reasons made it essential that global quotas be adopted; further, these had been effective in preventing stock collapse. Management using stock-by-stock quotas would have failed. This may not be the situation today.

Question:

Do local stocks show homing tendencies? In a tagging study of 4,000 gaspereau in which 400 fish were recaptured, only 2 were caught from a different water shed, doesn't this example indicate that management must be on a stock basis.

Response:

Herring have good knowledge of where they are with respect to season, time of day, etc., and also have good directional sense.

Comment:

There are at least two herring stocks in the Gulf and such management may require further stock separation studies.

Comment:

Different stocks may vary enormously in size from a few hundred tons (Minas Basin) to more than 10 million tons (Icelandic-Norwegian stocks). There may be large differences in scale of migrations which are undertaken; some move hardly at all, others move large distances.

Comment:

Newfoundland studies found more than 75% of tag returns were from the same area.

Comment:

In B.C. a large percentage of tagged herring returned to the same grounds on which they were tagged.

Comment:

CAFSAC documents had not indicated support for management on a stock basis.

Comment:

Though stocks may be separated at some times, at other times, when a fishery is occurring, they are all mixed together, it then becomes very difficult to manage.

Comment:

Noted that fishing of mixed stocks may be done by seiners, fishing in different areas.

Question:

Given the separateness of stocks, what would be the required level of effort, type of gear, etc., that should be used in their exploitation?

Response:

It is more a question of the quantity of resource removed than the type of gear that is used.

Comment:

How do the mesh size, depth, amount of net, etc. contribute to providing adequate escapement?

Comment:

A benefit of gillnets is that they are selective and do not catch small fish.

Fig. 1: 1972 herring management units as depicted in the ICNAF Herring Working Group Report (Redbook, Part 1, 1972, p. 62, Fig. 1): "Herring stock structure in the ICNAF Area (double lines indicate stock boundaries and the solid black areas indicate the general spawning grounds)." Note the dashed lines isolating 4Wa and 4Xb.

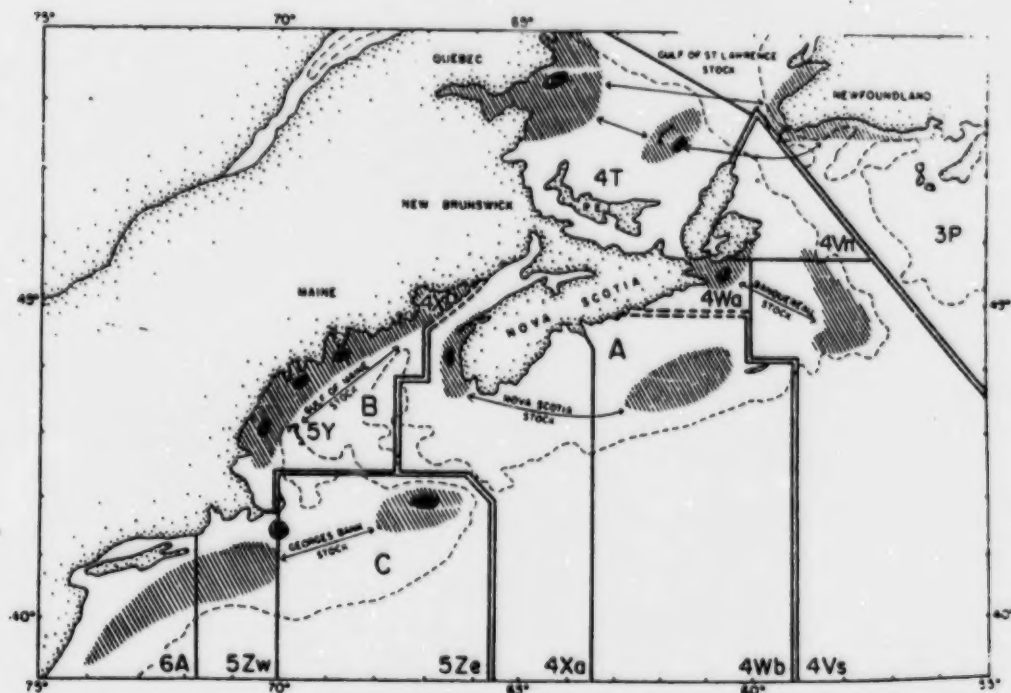


Fig. 2: Spawning grounds of Gulf of Maine Herring and average migration distance of tagged herring. All grounds are well within the range of all other grounds and yet no overexploited stock has been replaced by another.

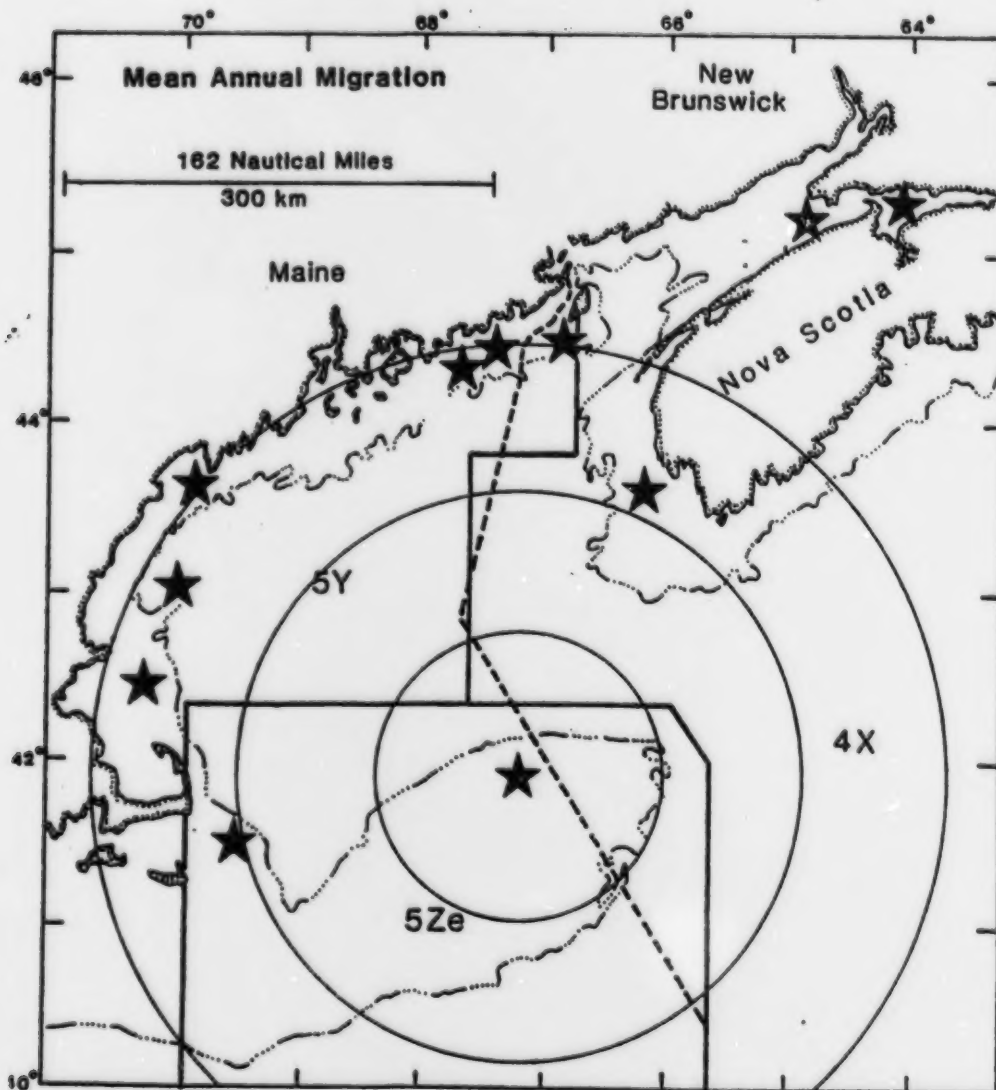
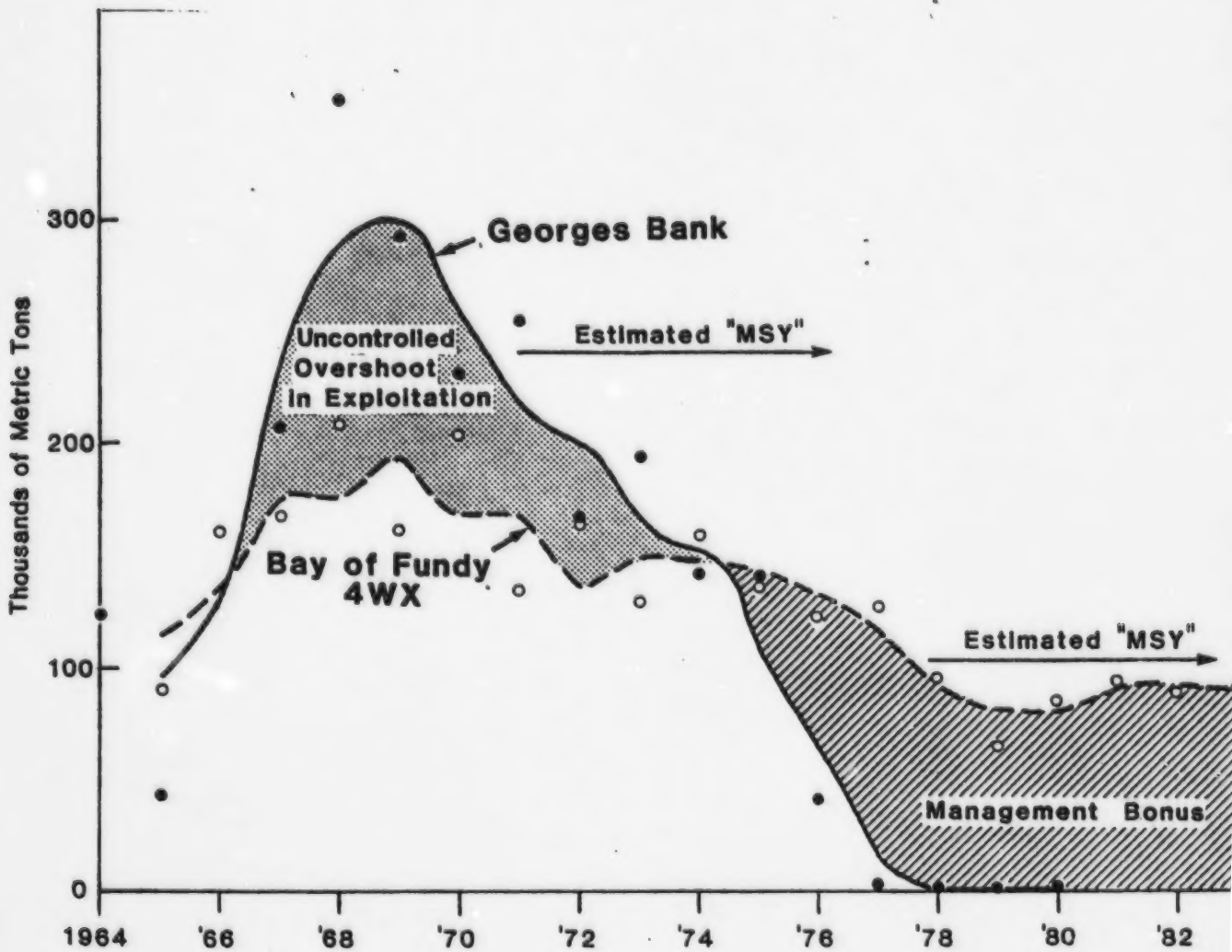


Fig. 3: The tale of two Herring stocks: Georges Bank stock overshoot in exploitation and stock collapse; and Bay of Fundy stock the benefits of Resource Management



2.2 CATCH DATA: THEIR IMPORTANCE AND COMPLEXITIES

Robert L. Stephenson
Science Branch, Scotia-Fundy Region
Biological Station
St. Andrews, New Brunswick

Catch data are the single most important piece of information used for assessment. The analytical models commonly used in the Gulf of St. Lawrence and other east coast stock assessments are based upon information from the commercial fishery. This section deals, in general terms, with how catch data are used in assessment, and addresses some of the complexities involved in the collection and interpretation of catch information. It uses, for the most part, examples from the Bay of Fundy herring stock (NAFO subarea 4WX), with which the author is most familiar.

2.2.1 The Place and Importance of Catch Data

4T herring and most other CAFSAC stock assessments are based upon sequential population analysis (SPA; see section 2.5). In SPA, information from commercial catch is used to construct a "catch table" (tonnes of fish caught at each age) which is then used to estimate present population size and to make future projections. The process is shown schematically in Figure 1. Two pieces of catch information are essential for construction of the catch table:

- 1) Total catch. This is the most important piece of information. It is obtained most commonly from purchase slips, but may also be obtained from hauls or log records.
- 2) Biological characteristics. The catch table is partitioned by age. Age, as well as related biological characteristics (length and weight) are obtained from biological subsamples of the commercial catch (see section 2.3). This is the second essential piece of catch information.

The use of catch information is summarized in Figure 2. Total catch (from purchase slips) plus age structure of the catch (from biological samples) are combined in a catch-at-age table. The catch-at-age table is added to that of previous years in a historical table (see for example Figure 3). The catch-at-age table is then used as the basis for sequential population analysis.

2.2.2 Complexities of Catch Data

Construction of the catch-at-age table is complicated by a number of factors. Differences in location, timing, gear types and market, to name a few, can result in differences in catch-at-age characteristics. This

section documents the major complicating factors in the 4WX herring fishery and shows how a time/area/gear type breakdown is used in construction of the catch-at-age matrix.

Figures 4 and 5 show the over space and time distribution of the various gear types in the 4WX fishery. Fishing takes place almost throughout the year but using different gear types and in different areas at different times of the year. This diversity has significant implications for sampling (see section 2-3) and for construction of the catch-at-age table because the characteristics of fish taken in the various segments of the fishery differ. Figure 6 shows, for example, that in 1985 the 4Xa weirs caught predominantly 2-yr-old fish, whereas the nearby 4X gillnets took predominantly 4-yr-olds. Differences in selectivity occur, as might be expected, from gear type (e.g. gillnet vs weirs), location (southwest Nova Scotia vs Chedabucto Bay, Cape Breton) and season (summer or winter). However, differences can also occur in catches from a single gear type in the same general area at one time. Figure 7 shows the difference in numbers at age of purse seine catches for 2 months from two adjacent areas (10 minute squares) off southwest Nova Scotia. Catches on Trinity Ledge, a traditional spawning ground, were dominated by 4- and 5-yr-old fish (used for the roe market). However, catches from nearby McDormands Patch had a much higher proportion of 2- and 3-yr-old fish (taken for the sardine market).

The result of this complexity is the need to consider catch information by gear, by area and by time period (such as month). This requires, in addition to total catch, knowledge of where exactly the catch was made, what gear was used and when. There are a variety of ways of getting this information, but the best is probably log records (see also sections 2.4.5). Figure 8 shows the distribution from logbooks of catch by 10' square in the summer of 1985 4X purse seine fishery.

2.2.3 Matching Catch and Biological Information to Create the Catch Matrix

When a sufficiently complete set of catch information from the fishery, catch records, biological samples and logbook information (location, gear type, etc.) has been obtained, they can be matched to construct a more accurate catch-at-age matrix based upon the characteristics for each month, areas and gear segment, as shown in Figure 9. During the matching process, total catch is allocated among areas on the basis of logbook reports and matched with the closest available biological sample as in Figure 10. The result is a number of month/gear/area matches for the fishery (as shown in Figure 11) which are ultimately combined in the final catch-at-age matrix.

2.2.4 Conclusion

This section has shown the importance of catch data in creation of the catch-at-age matrix which is the basis of the analytical assessment, catch is the most important information required for the assessment. Figure 12 summarizes the relative advantages and disadvantages of various sources of catch data.

2.2.5 References

- Chadwick, E.M.P., and G.A. Nielsen. 1986. Assessment of Atlantic herring in NAFO Division 4T, 1985. CAFSAC Res. Doc. 86/38
- Stephenson, R.L., M.J. Power, and T.D. Iles. 1986. Assessment of the 1985 4WX herring fishery. CAFSAC Res. Doc. 86/43.
- Stephenson, R.L., M.J. Power, T.D. Iles, and P.M. Mace. 1985. Assessment of the 1984 4WX herring fishery. CAFSAC Res. Doc. 85/78.

2.2.6 Questions and Comments

It was questioned whether hails are accurate. The consensus was that they were.

Question:

Are hails used in 4T and does the information show in logbooks?

Response:

Hails are used for quota closures. Purchase slips, logbooks and hails are then compared to determine total catch. For example, in P.E.I. in 1985 the fishery was closed by hails and the quota was overrun by only 1.1%

Comment:

It was noted by Cleary (1983) that logbook data from seiners are unreliable and that good information is provided only when the quota has not been obtained.

Comment:

It was suggested that due to better enforcement in recent years, catch information from hails may be better than in the past.

Question:

Are there two sets of logbooks as for groundfish?

Response:

There was one standard logbook; a research logbook was not allowed.

Comment:

A lack of coordination by DFO in the past has led to many mistakes. Without cooperation between fishermen and DFO, no real-time management could occur.

Comment:

Catch data are the basic ingredients of stock assessments, accurate catches, not necessarily landings, are critical. Serious implications arise if this information is not available.

Fig. 1: Schematic overview of the assessment process.

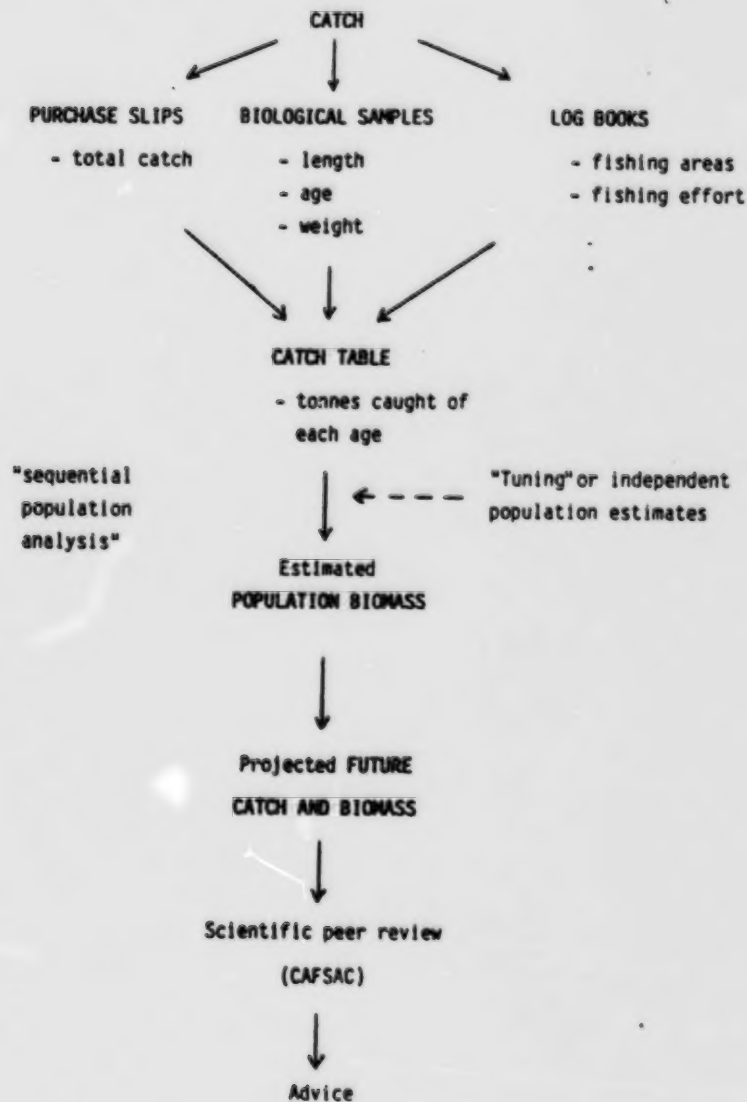


Fig. 2: Summary of the use of catch information in assessment.

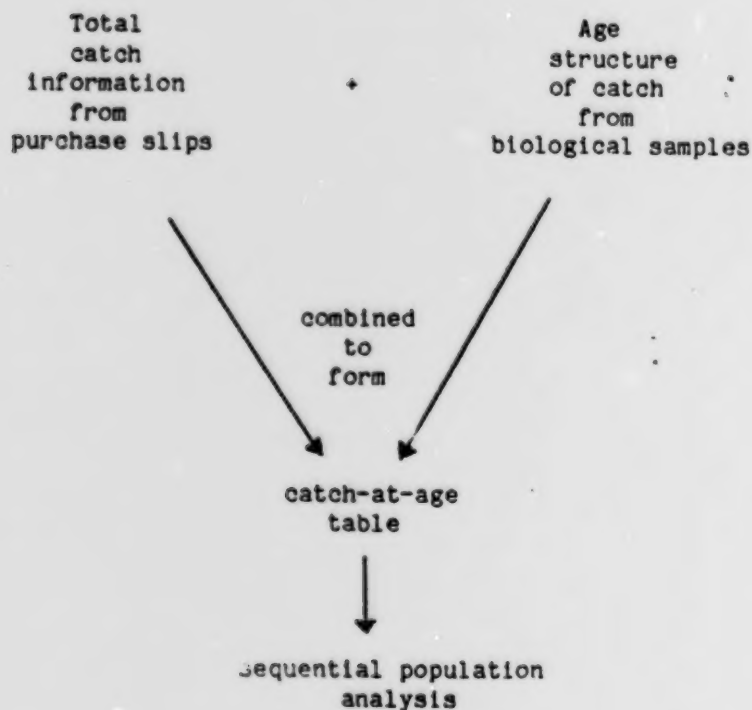


Fig. 3: Example of a historical catch-at-age table (from the fall spawning component of the 4T gillnet fishery - Chadwick and Nielsen 1986). Note the appearance of relatively strong (e.g. 1977; circled) and weak year-classes.

FALL GILLNET CATCH												5/ 1/87
I	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
2 I	1	1	1	1	5	1	25	1	1	1	0	0
3 I	125	1	39	122	351	128	7254	6851	3542	792	931	1658
4 I	4258	1602	276	1879	4389	7809	3293	28863	18645	21648	26518	15901
5 I	1765	8163	1455	340	3104	3821	4027	5537	23280	10465	14918	22616
6 I	515	1227	5839	253	593	1883	929	2471	5308	12544	12214	11093
7 I	1876	742	465	3215	614	402	836	974	2250	2223	6236	6417
8 I	180	616	243	133	3440	484	185	830	960	1782	1308	3050
9 I	2070	403	419	81	83	694	210	104	491	589	446	317
10 I	730	315	50	468	178	11	139	53	131	81	154	289
11+I	4813	1800	2143	1162	1785	1418	620	866	61	260	171	154

Fig. 4: Geographical distribution of gear components of the 1985 4VWX herring fishery. Resolution = 10' square. From Stephenson et al. 1986.

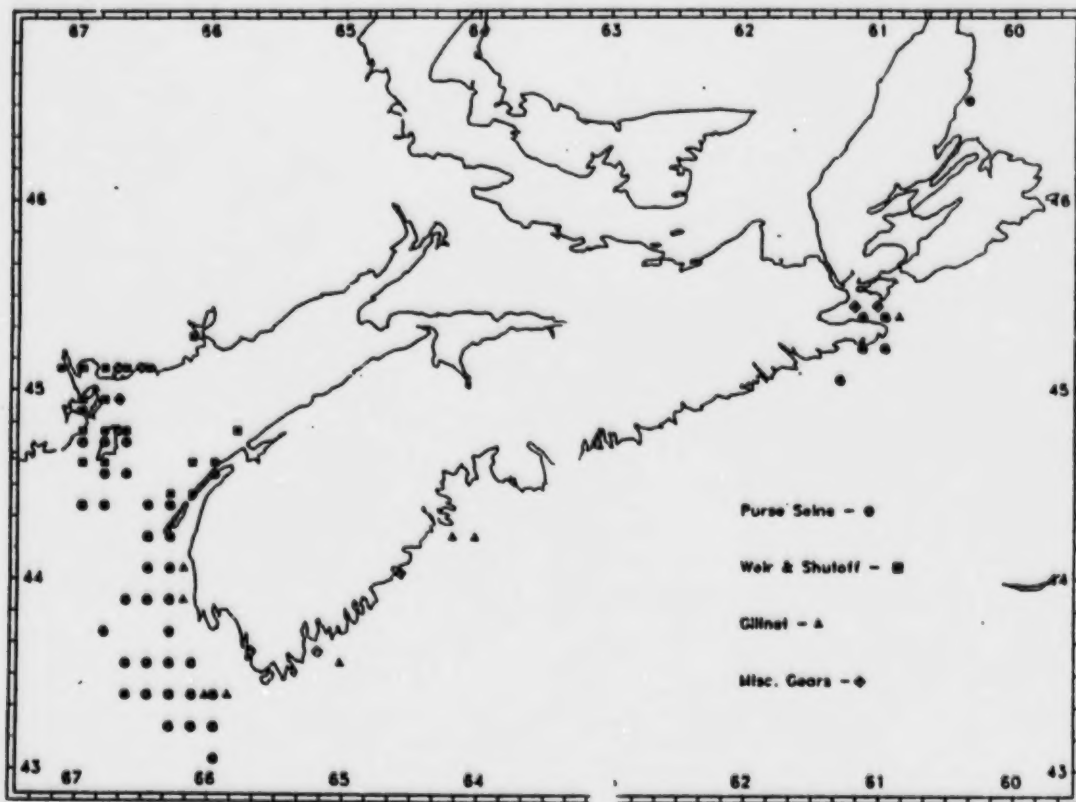


Fig. 5: Seasonal distribution of activity by gear component of the 1985 4WX herring fishery. From Stephenson et al. 1986.

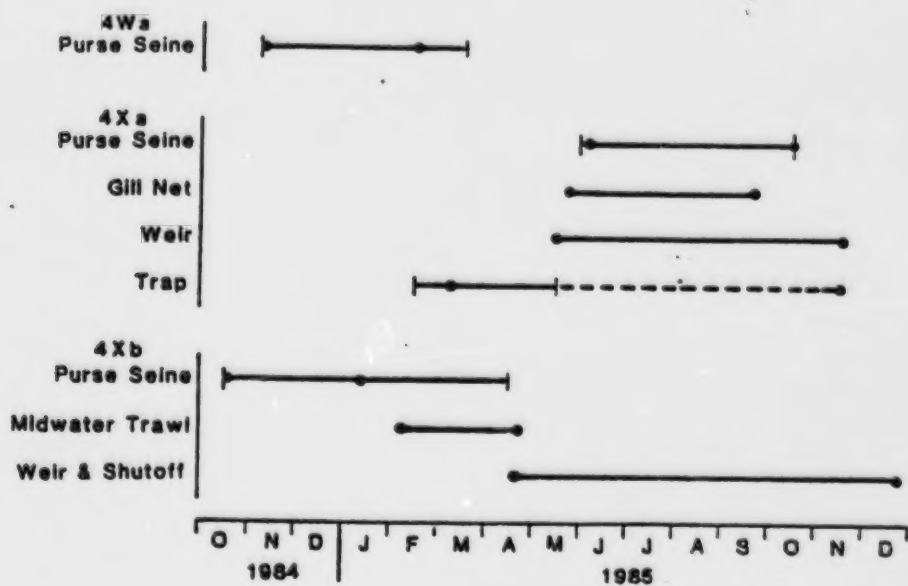


Fig. 6: Catch at age by different segments of the 4WX herring fishery.
From Stephenson et al. 1986.

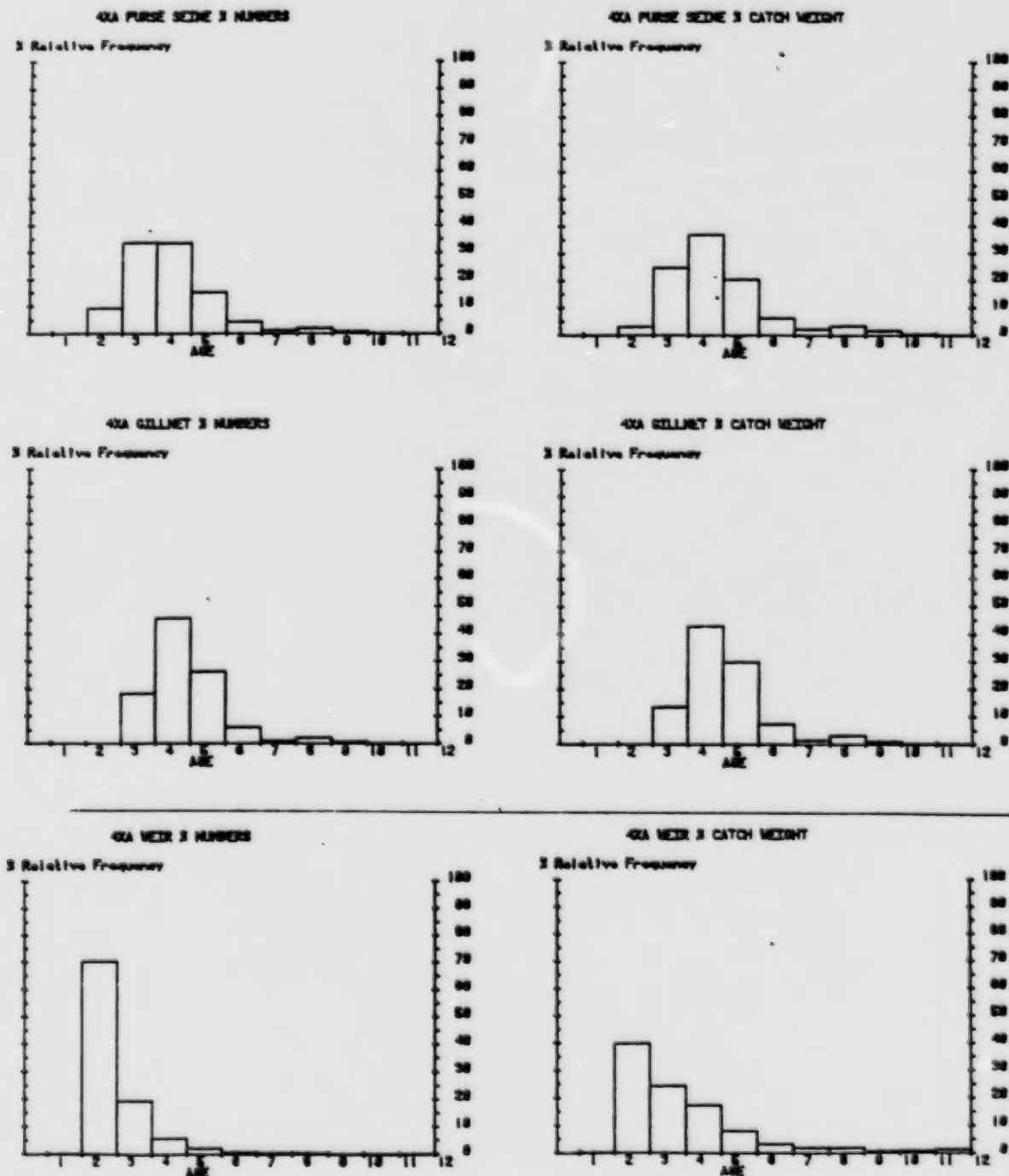


Fig. 7: Number at age for two adjacent 10' squares of the 4Xa purse seine fishery, calculated using individual length frequencies but the same age composition and catch weight (assumed to be 100 t). Trinity = square 440-661 and 435661; McDormand Patch square = 440662.

Diff (%) calculated as:

$$\frac{[(\text{Trinity} - \text{McDormands}) / (\text{Trinity} + \text{McDormands})] \times 100}{2}$$

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	Total
Aug.	Trinity	9	58	214	112	22	17	23	5	1	2	461
	McDormands	123	256	202	61	11	5	6	1	0	0	664
	% diff.	173	126	6	59	67	109	117	133	200	200	36
Sept.	Trinity	2	74	222	120	6	10	22	9	2	3	471
	McDormands	491	144	129	58	3	6	16	6	1	4	860
	% diff.	198	64	53	70	67	50	32	40	67	29	58

Fig. 8: Summary of catch by 10' square in the 1985 4X purse seine fishery from logbook information. From Power and Stephenson 1985.

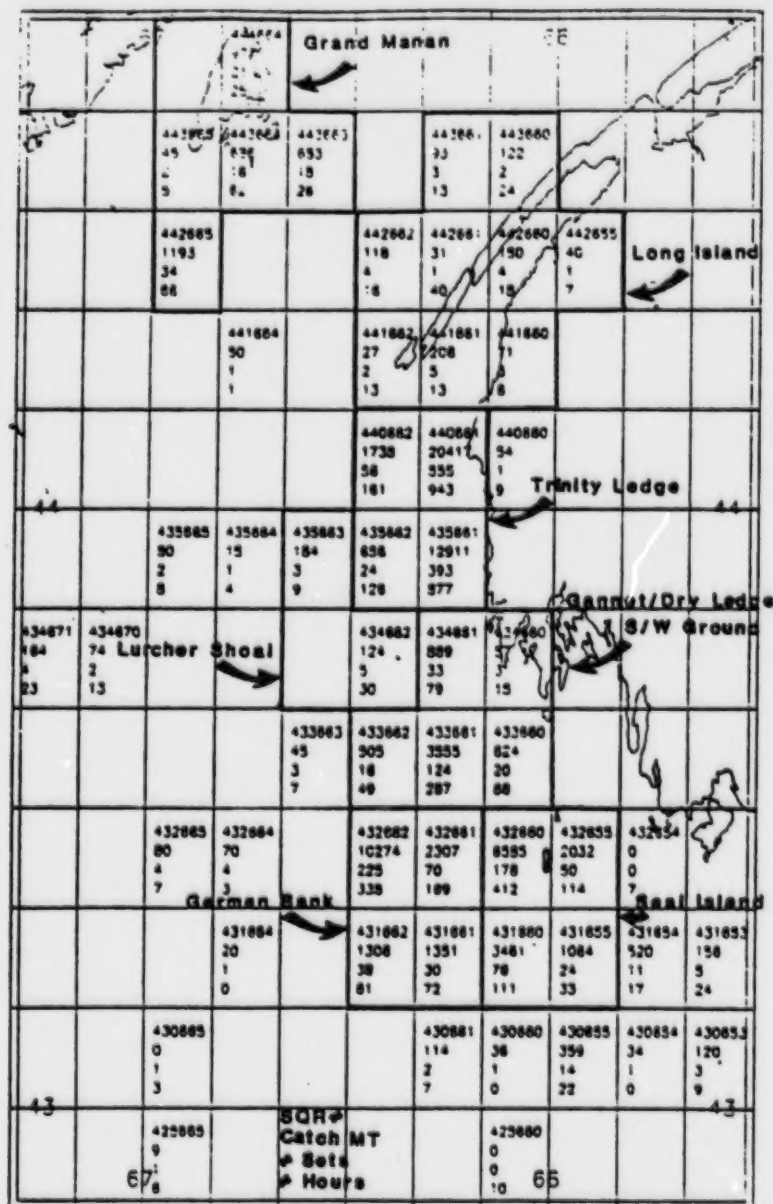


Fig. 9: Schematic representation for the matching of catch, biological and logbook information to create catch at age by month, area and gear segment.

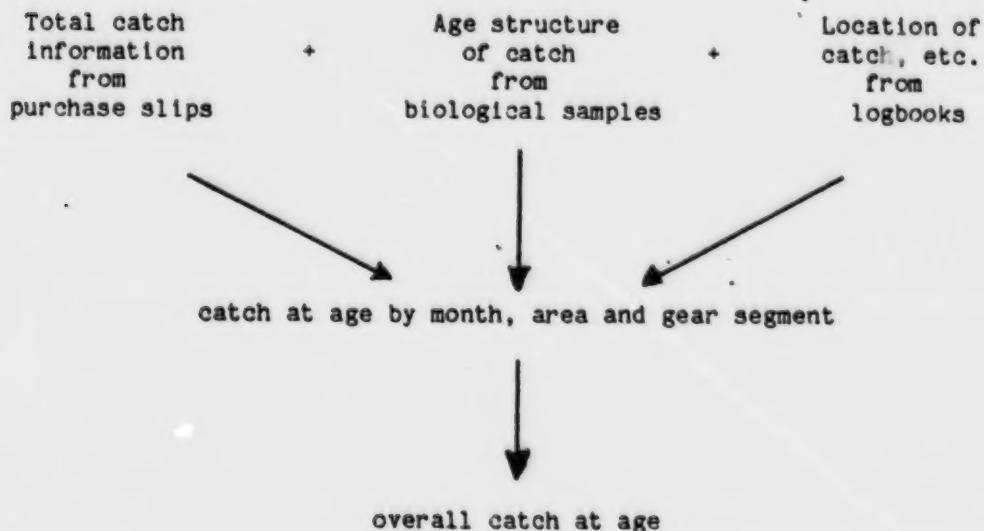


Fig. 10: Hypothetical example of catch/sample matching as used in the 4WX herring assessment.

EXAMPLE OF SAMPLE MATCHING IN 4WX HERRING FISHERY

LANDINGS MONTHLY	LOGBOOK SQUARE	LOGBOOK CATCH	LOGBOOK ADJUSTED	LEN NO.	FREQ MEAS NO.	DETAIL NO. FISH	CATCHES AGE 1	BY AGE 2	AGE AGE 3	TOTAL	
1000	A	50	111.10	0	0	0	30	200	103	333	} AH
	B	100	222.20	300	50	50					
	C	300	666.70	400	150	150					
TOTALS		450	1000	700	200	200	97	600	303	1000	

Fig. 11: Distribution of catch and of biological samples from the 1985 4WX herring fishery. From Stephenson et al. 1986.

Distribution of biological samples from the 1985 4WX commercial herring fishery: detail fish = number of fish taken for detail analysis including ageing, LF samples = number of length-frequency samples, LF fish = number of fish measured.

Gear component	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
4Xa purse seine - detail fish		737	366	701	*										
- LF fish		2245	2765	7381											
- LF samples		22	14	37											
- catch (t)		2379	2517	3452	403										
4Xa purse seine - detail fish									86*	1080	1467	1085	4670		
- LF fish									1708	22990	21841	6824	2986		
- LF samples									8	110	110	42	19		
- catch (t)									290	12393	30646	37133	6705		
4Xb purse seine - detail fish	698*	230		100*											
- LF fish	3286	1728		705											
- LF samples	28	11		4											
- catch (t)	2431	1892		1096											
4Xa gillnet (4XQGR)									*	*	*	265	217		
- LF fish										180		4302	6111		
- LF samples										1		22	28		
- catch (t)									88	86	60	1944	3406		
4Xa NS weir (4XN)									134*	455	936	285			
- LF fish									995	3770	5696	1383			
- LF samples									5	20	34	8			
- catch (t)									378	1803	1381	489		11	
4Xa NS trap (4XMOQ)									139*	102*	*	*			
- LF fish									714	290					
- LF samples									3	2					
- catch (t)									190	446	406	201	47	13	1
4Xb mid trawl				18*		166	40								
- LF fish				142		2066	374								
- LF samples				1		10	2								
- catch (t)				52		6	40								
4Xb weirs									94	45*	1082	1129	761	706	134*
- LF fish									1054	476	9796	9085	4898	4351	929
- LF samples									6	3	64	60	30	28	6
- catch (t)									23	84	4214	8451	6910	4825	2079
4Xb shutoff											*	14*	70*	122*	*
- detail fish												132	285	1245	
- LF fish												1	2	8	
- LF samples															
- catch (t)							36			73	184	208	288	306	44
4WX misc.									139*	102*	87*	299*	217*		
- detail fish									861	470	924	4520	5764		
- LF fish									4	3	9	24	26		
- LF samples															
- catch (t)					12		25	277	210	871	192	21	4		

*Cells undersampled according to criteria of 200 detail fish per gear type per month with >50 t catch.

*Combined monthly detail and LF information used (4X gillnet, 4X trap - 4W gillnet);

*Oct. 1-14; *Oct. 15-31.

Fig. 12: Relative advantages and disadvantages of potential sources of catch data.

<u>Source</u>	<u>Advantages</u>	<u>Disadvantages</u>
Purchase slip	- should represent total landed (measured)	- no record of releases - often discounted - may represent mixture from several areas
Hail	- accurate location and vessel info.	- estimate rather than measure
Logbook	- complete record of catch and location info.	- estimate rather than measure
Product weight	- usually well documented	- rough estimate only

2.3 SAMPLING OF THE HERRING FISHERIES IN SOUTHERN GULF OF ST. LAWRENCE

Michael Chadwick
Science Branch
Gulf Region
Gulf Fisheries Centre
Moncton, N.B.

2.3.1 Objective

The objective of the sampling program is to estimate the average size and age structure of the fish caught by all herring fisheries. The age structure is the proportion of fish caught at each age. As will be explained later, the age structure is multiplied by the landings to get the number of fish caught at each age.

In southern Gulf of St. Lawrence, there is not just one herring fishery; herring are fished with many types of gear, in many areas, and at different times of the year. Each gear type, area and season represents a different fishery which may select towards a particular size or type of herring. All of these fisheries must be adequately sampled.

2.3.2 Background

It is important to distinguish between the terms catch and stock. Catch is the part of the stock captured by the fishery and because fisheries are often selective, the type of fish in the catch may be different from the average type in the stock. Thus, the sampling program is directed towards only the catch. Later, we will see how this information is used to estimate the stock's structure, that is, what the stock really looks like.

In fact, in the Gulf of St. Lawrence there is not just one stock, but several. Currently our assessments assume that there are two stocks: herring which spawn in the spring, between April and July; and fall spawners which spawn between July and October. Therefore the biological sampling program must consider not only the age and size of fish caught, but their spawning group as well.

Because the sampling must be representative of the catch, it might be useful to examine selectivity of the various fisheries. The two major gear types are gillnets and purse seines. Gillnets can range in mesh size from 1 5/8" to 3 1/4". Generally, the smaller mesh gears catch smaller herring. This phenomenon can be seen in Figure 1.

Purse seines can also be selective. Depending on markets, seine captains can avoid schools of small herring.

The size of fish can also vary with season. For example, in the spring fishery, which occurs from April to June, generally smaller herring are caught than in the fall fishery, which occurs from July to November. Samples must be representative of both fisheries.

Finally, the size of fish can change with location of fishing grounds. It can be seen in Figure 2 that the size of herring from Chaleur Bay is different from herring taken in Pictou, despite the fact that samples were taken with the same gear and during the same season in both areas.

2.3.3 Length-Frequency Samples

The first step in a sampling program is to collect length-frequency samples from all the various fisheries throughout the fishery season. A length-frequency sample consists of 200 or more fish which have been randomly collected from a fishermen's catch. Each fish is measured to the nearest 1/2 centimeter, from the nose to the tip of the tail, and each length is tallied on a sheet. When all fish in the sample are measured we know the number of fish at each 1/2 centimeter of length and this final tally is called a length-frequency sample (Figure 3).

It is very important that the fish to be measured are collected randomly, in other words, the sample must represent the catch on board the fishing vessel. Usually a bucket is filled by plunging it into the catch and this is felt to be a representative sample because there is no selection for smaller or larger individuals.

In each area, length-frequencies are collected daily throughout the fishing season. At the end of the season all length-frequencies are added together and the length-frequency distribution, or the percentage of fish caught at each length, is calculated for all major sampling areas.

There are four major sampling areas: Magdalen Islands, Northumberland Strait (including the coasts of New Brunswick, PEI and Nova Scotia which border on the strait), Miramichi Bay (Pokemouche south to Buctouche) and Northwest PEI, and finally the Chaleur Bay and Gaspé areas. It is felt that the stocks in each of these areas may be different and therefore length-frequencies are treated separately for each area.

2.3.4 Detail Samples

In addition to length, some fish are also measured for weight, sex, maturity stage and age. Because it is expensive and time consuming to age herring, detail samples are collected less frequently than length-frequency samples. A detail sample consists of two fish for each 1/2 cm of length that are collected from the same bucket of fish that is used for the length-frequency sample. Generally it will include about 50 fish which are frozen and brought to the laboratory in Moncton.

Detail samples are used to estimate spawning group, age and average weight of the catch in each area. The maturity stage of gonads is used to determine spawning group. Fish with mature gonads are assumed to spawn at the time of sampling. The spawning group of immature or spawned-out fish is validated with otoliths. Otoliths, or ear bones, are removed from the head of herring and stored in plastic trays. Herring which spawn in the fall tend to have otoliths with a more square shape and with larger centers than the otoliths of spring spawners.

Age is determined by counting annual rings on otoliths. It is assumed that all herring have their birthday on January 1st each year, consequently one extra ring or year is added to otoliths from fall spawners.

Ultimately detail samples are used to calculate average weight, proportion spawning group and percentage of ages at each 1/2 cm of length from the combined length-frequency samples.

2.3.5 Catch-at-age

The catch at age is simply the numbers of fish caught at each age group and for each major sampling area. It is estimated separately for spring and fall spawners. There are three basic steps to follow. First, the numbers of fish caught must be estimated which also involves three steps: 1) the average weight at each length is weighted or adjusted by the length-frequency distribution to calculate an overall mean weight; 2) the total weight of landings in each sampling area is divided by the overall mean weight to get the total number of fish caught; and 3) the length-frequency distribution is multiplied by the total numbers of fish caught to get the catch in numbers of fish at each length, or catch-at-length.

The second step is to estimate the number of fish in each spawning group. This number is calculated by multiplying the catch-at-length by the appropriate spawning group-length key. This key is the proportion of spring and fall spawners at each length.

Third, the catch-at-age is calculated by multiplying the catch-at-length by age-length keys. An age-length key is simply the percentage of ages at each length (Figure 4); they are calculated separately for spring and fall spawners and for each major sampling area.

2.3.6 Weight-at-age

The average weight at each age is calculated from the combined detailed samples which have been weighted by the catches in each major sampling area.

If the sampling is done properly, the total weight of landings should equal the average weight-at-age times the catch-at-age- summed for all ages and both spawning groups. This last test is routinely used to double check the calculations.

2.3.7 Questions and Comments

The presentation dealt with three points:

- 1) Objectives of sampling
 - to determine i) tons of fish taken at each age
 - ii) average weight of fish at each age
 - to document catch (not population)
 - in 4T it is complicated by division into spring and fall spawning components
- 2) Sampling without bias
 - sampling is complicated by differences as a result of fishing gear, mesh size, seasons and location
 - a sampling must take this complexity into account
 - two phase sampling:
 - lengths are easy to get - measure thousands
 - age & spawning samples (biological detail) are harder - limited to 5,000 per year
 - these must be representative of diversity of fishery
- 3) Conversion of tons of fish to numbers of fish at age
 - steps ii) - age/length key allows length info to be partitioned by age
 - ii) - catch is weighted according to age
 - ii) - catch at age (in number) by gear, area, etc.
 - ii) - division into spring and fall components

Question:

How can DFO avoid missing samples?

Response:

This results from lack of communication, particularly around the start of spring fishery. Fishermen willing to cooperate. Processors willing to freeze samples.

Question:

Does sampling account for variations in mesh size?

Question:

Why are mesh sizes in Escuminac and Val Comeau different?

Response:

The spring Escuminac fishery supplies a bloater market, so would rather have 10-11" rather than 12" fish. Small fish in Escuminac landings may reflect market preference rather than size of fish on spawning grounds, although herring in Escuminac are generally not as large.

Comment:

Is there a circular argument in the case of areas not fished? No quota means no landings and therefore the impression of no fish?

Comment:

Lack of sampling in some areas does not lead to lower quota; quotas are based on overall health of stock

Comment:

Lack of feedback regarding biological studies (e.g. 1984 Fisherman's Bank study).

Fig. 1: The length frequency distribution of herring compared for gillnets of three different mesh sizes:

top - 2 3/8 inches, middle - 2 1/2 inches, and bottom 2 5/8 inches.

The herring were sampled from the Caraquet fall fishery in 1986.

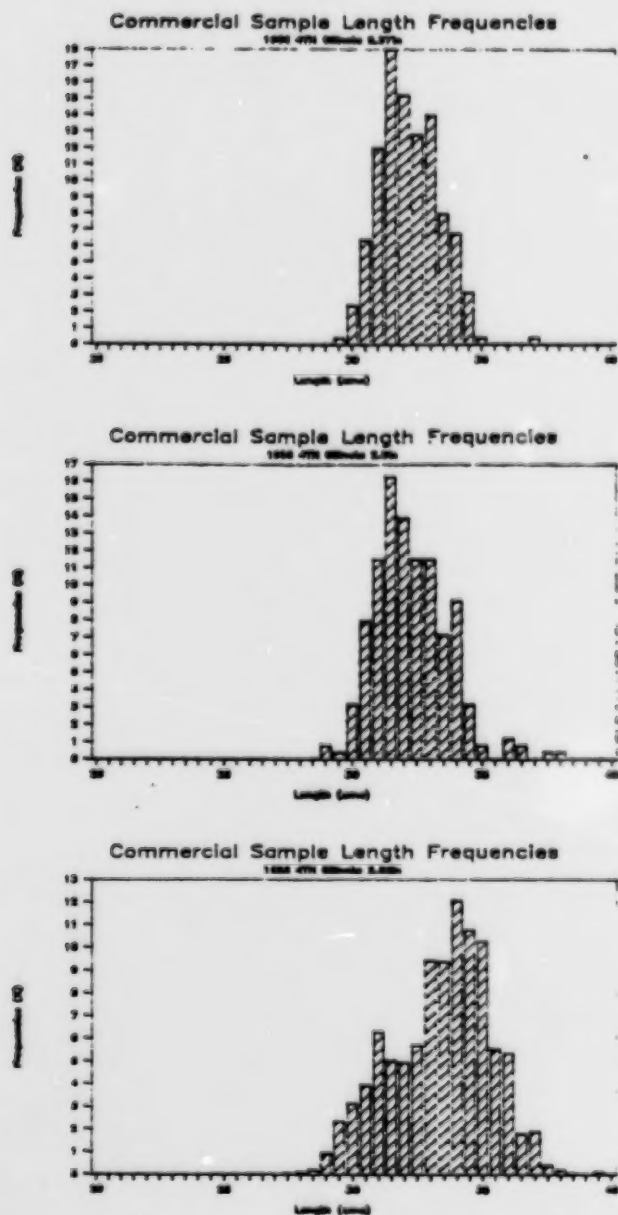


Fig. 2: The length frequency distribution of herring captured in 2 5/8" gillnets during the fall fishery of 1986 compared in two areas: top - Pictou, N.S.; bottom - Caraquet, N.B.

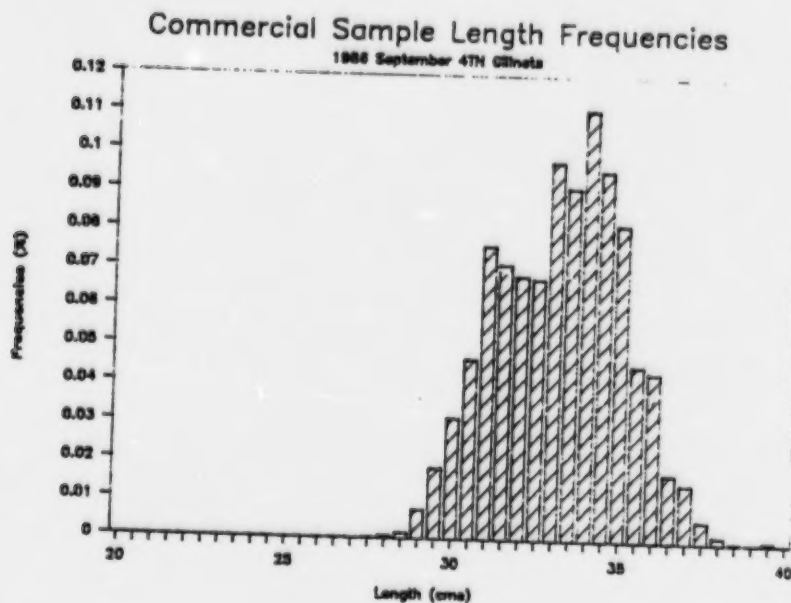
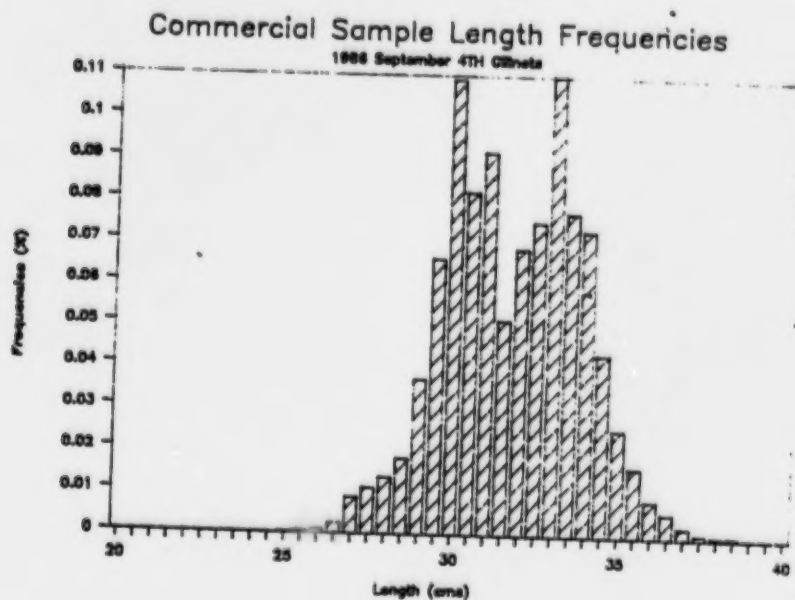


Fig. 3: An example of a length frequency tally sheet used for collecting samples in the commercial fishery.

ECHANTILLONNAGE COMMERCIAL SAMPLING									
TYPE CO. <input type="checkbox"/>	DIST. <input type="checkbox"/>	Set No. <input type="checkbox"/>	L. PECH. / F. LOC. <input type="checkbox"/>	DATE <input type="checkbox"/>					
TYPE <input type="checkbox"/>	ENGIN / GEAR <input type="checkbox"/>	MAILLE / MESH <input type="checkbox"/>	PROF. EN. / GEAR DEPT. <input type="checkbox"/>	BATEAU L. M. / SHIP L. G. <input type="checkbox"/>					
EXP. <input type="checkbox"/>	P. S. T. <input type="checkbox"/>	(No. / in) <input type="checkbox"/>	(ftm.) <input type="checkbox"/>	(P. / ft.) <input type="checkbox"/>					
SET INFORMATION					DEBUT / START				
SET WEIGHT (lbs.) <input type="checkbox"/>					LAT. / LORAN-C <input type="checkbox"/>				
SET RELEASED <input type="checkbox"/>					LONG. / LORAN-C <input type="checkbox"/>				
SET KEPT <input type="checkbox"/>					HEURE / TIME <input type="checkbox"/>				
CODE SP. <input type="checkbox"/>			Pg. ECH. / SAMPL. WT. (Lbs.) <input type="checkbox"/>		Comm on 18:00 hrs Set Finished 22:25 hrs 315 fish measured				
Sample # 23									
LEN. INT. <input type="checkbox"/>	LONG. <input type="checkbox"/>	DECOMPT. / TALLY <input type="checkbox"/>	TOT. <input type="checkbox"/>	LEN. INT. <input type="checkbox"/>	LONG. <input type="checkbox"/>	DECOMPT. / TALLY <input type="checkbox"/>	TOT. <input type="checkbox"/>		
100 1=1	2 2=5	1 1=cm	2=mm	100 1=1	2 2=5	1 1=cm	2=mm		
0.0				0.0					
0.5				0.5					
1.0				1.0					
1.5				1.5					
2.0				2.0					
2.5			101	2.5					
3.0				3.0					
3.5				3.5					
4.0				4.0					
4.5				4.5					
5.0				5.0					
5.5			101	5.5					
6.0				6.0					
6.5				6.5					
7.0				7.0					
7.5			101	7.5					
8.0			101	8.0					
8.5			103	8.5					
9.0			102	9.0					
9.5			106	9.5					
10.0			108	10.0					
0.5			111	0.5					
1.0			109	1.0					
1.5			24	1.5					
2.0			32	2.0					
2.5			37	2.5					
3.0			40	3.0					
3.5			37	3.5					
4.0			30	4.0					
4.5			24	4.5					
5.0			18	5.0					
5.5			10	5.5					
6.0			06	6.0					
6.5			08	6.5					
7.0			05	7.0					
7.5				7.5					
8.0			01	8.0					
8.5				8.5					
9.0				9.0					
9.5				9.5					

Fig. 4: An example of an age-length key used to convert lengths of herring into ages.

LENGTH	AGE LENGTH KEY											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
21.5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
27.0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
27.5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
28.0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	8
28.5	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
29.0	0	0	1	19	0	0	0	0	0	0	0	20
29.5	0	0	0	27	3	0	0	0	0	0	0	30
30.0	0	0	0	64	8	0	0	0	0	0	0	72
30.5	0	0	0	53	14	1	0	0	0	0	0	68
31.0	0	0	0	76	28	4	0	0	0	0	0	108
31.5	0	0	0	56	43	11	0	1	0	0	0	111
32.0	0	0	0	28	47	14	4	0	0	0	0	93
32.5	0	0	0	7	48	18	2	0	0	0	0	75
33.0	0	0	0	0	36	21	0	4	1	0	0	62
33.5	0	0	0	0	17	16	3	5	1	0	0	42
34.0	0	0	0	0	5	10	10	6	3	0	0	34
34.5	0	0	0	0	6	7	11	7	3	0	0	34
35.0	0	0	0	0	1	7	10	13	7	1	0	39
35.5	0	0	0	0	1	0	2	5	1	0	0	9
36.0	0	0	0	0	0	0	0	13	5	0	2	20
36.5	0	0	0	0	0	0	3	10	1	1	0	15
37.0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	1	6
37.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
38.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
39.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
TOTAL	0	0	12	343	263	109	45	72	26	3	6	
LEN	0.0	0.0	28.0	30.6	32.1	32.9	34.3	35.2	35.3	36.5	37.1	
DEV	0.0	0.0	0.5	1.6	2.1	1.1	1.1	3.7	3.2	1.3	0.9	

2.4 ABUNDANCE INDICES

Because abundance indices are so important to our understanding of the size of the herring resource, it was decided to devote one presentation to each of six types of abundance index which would be potentially useful in the Gulf of St. Lawrence.

2.4.1 Index Fishermen: A Summary of the Herring Research Gillnet Program In Newfoundland Region

John P. Wheeler
Science Branch
Department of Fisheries and Oceans
Northwest Atlantic Fisheries Centre
St. John's, Newfoundland

A research gillnet program, in which selected commercial fishermen are contracted to fish experimental herring gillnets, has been in effect in the Newfoundland Region since 1980.

There are presently 23 fishermen along the northeast and southeast coasts of Newfoundland (Figure 1) who fish five herring nets each for a period of one month annually. The nets are fished in the same location at the same time each year. The fishermen are responsible for recording daily catch rates and for the provision of herring samples from these nets.

The primary purpose of the program is to provide annual stock abundance indices from a source independent of the commercial fishery. This assumes that annual changes in catch rates of these nets reflect changes in stock abundance. Herring samples from the program provide biological information on growth rates, stock age compositions, and percentage of spawning types within the populations. The program also provides a stock recruitment index for juvenile herring prior to the recruitment of these fish to the commercial fishery.

2.4.1.1 Methodology

Each fisherman is provided with the following gear:

- 1) five commercial herring nets (18 fathoms long x 200 meshes deep), mesh sizes 2", 2-1/4", 2-1/2", 2-3/4", and 3".
- 2) four grapnels
- 3) 15-20 30" net buoys
- 4) 200-400 fathoms 1/2" polypropylene rope
- 5) mending twine
- 6) five plastic fish baskets
- 7) logbook and waterproof notebook
- 8) sampling bags and tags
- 9) deep freezer (if necessary)

The contract requires that the fisherman set the nets in a predetermined area in two fleets, with the 2" and 2-1/4" mesh nets together and the 2-1/2", 2-3/4", and 3" nets together. The nets are not set as a single fleet due to the excessive strain that this would create. The nets cannot be relocated from the predetermined area anytime during the agreement and should be removed from the water only for cleaning or in case of damage and should be replaced in the water as quickly as possible.

Weather permitting, the nets are hauled once every day, except Sundays. The herring caught in each mesh size net are separated in the fish baskets. The catch from each net is recorded in the waterproof notebook as the nets are hauled. Information is subsequently transferred from the notebook to the logbook.

Each page of the logbook (Figure 2) has space to record the information for one day only. An entry is made for each day, Sundays included, regardless of whether the nets are hauled or any herring are caught. The following information is recorded each day:

- 1) date
- 2) time nets are hauled
- 3) headrope depth
- 4) wind direction and speed
- 5) air temperature
- 6) was a sample taken?
- 7) which nets were fished?
- 8) which nets were hauled?
- 9) number of herring caught in each net
- 10) bycatch, by species, for all nets combined

A remarks section is provided for incidental observations and sightings.

The fisherman is required to collect two samples of herring per week for a minimum of eight samples during the month. A sample consists of 100 herring, 20 fish chosen randomly from each of the five nets. The herring from each net are placed in separate plastic bags and a label is affixed to the bag indicating mesh size. These five smaller bags are placed in a large bag, a label is affixed indicating the sample number and date, and the sample is frozen for later analysis.

As remuneration, the fisherman can sell all herring in excess of those required for samples. In addition, the fisherman is paid \$600 upon completion of the contract for compiling the log record and collecting and freezing the research samples.

2.4.1.2 Analysis

All logbook information, with the exception of the remarks section, is coded and computerized. The total catch, by mesh size, is tabulated for each fisherman. The number of days that each mesh size net is fished and

hauled is then tabulated in order to calculate catch per days fished and catch per days hauled for each net. This information can then be combined to determine the overall catch rate of the five nets. Catch rates of several fishermen within a stock area can then be combined to give a stock abundance index (Figure 3).

The fishermen collect samples (100 fish per sample) at approximately four-day intervals. The biological information derived from a sample is applied to the fish caught during the interval immediately prior to when the sample was taken. The catch for each mesh size net is tabulated for the interval and the proportions of fish caught by each net are then calculated. Detailed biological measurements are made on a subsample of 50 fish; these fish are chosen from each net using the same proportions as the catch for that net. These measurements include length, weight, sex, age, spawning type, maturity stage and gonad weight.

The age compositions of the research gillnet catches are calculated by applying age distributions of samples taken during the month, normally at four-day intervals, to catches during that interval and then combining these age distributions to obtain one for the entire month. Stock age distributions are obtained by combining the results for all fishermen within the stock area (Figure 4). As well as providing information on dominant year-classes, these distributions indicate the percentage of spawning types within the population, information critical to the management of herring stocks. Recruitment indices for juvenile fish (ages 2 and 3) are also provided before these fish are recruited to the commercial gillnet fishery at ages 4 and 5.

2.4.1.3 Pros and Cons

The research gillnet program provides abundance and recruitment indices, stock age compositions, and spawning type percentages which are critical components in fish stock assessments. However, as with most fisheries research, the program has both its advantages and disadvantages.

Its primary advantage is that the information provided is independent of the commercial fishery and hence not subject to the biases associated with such a data source. Also, information can be collected at any time regardless if a commercial fishery exists or not. The program has been designed so that comparisons can be made both between areas and between years. Locations and timing do not vary from year to year and gear, data collection, and sampling regimes are standardized between areas. Learning factors are not considered to be a problem as experienced commercial herring fishermen are chosen to conduct the work. The liaison between biologist and fisherman is one further advantage of the program. The fisherman gains better insights into the role of fisheries biologists and the biologist learns more about fish behavior and the problems encountered by the fisherman while pursuing his livelihood. Additional environmental and by-catch data provided by the fishermen are also very useful in studying

other relationships such as that between environmental conditions and gillnet catch rates or the interaction between herring and other species.

The program also has its sources of error, the greatest of which is the high variability in catch rates between areas. This is due mostly to the schooling behavior of herring and their clumped rather than random distribution patterns. The variability in results could be reduced by increasing the number of contract fishermen in each area, a process that has gradually implemented since the inception of the program in 1980. There are also human sources of error, including individual differences in the way nets are set and hauled and the way data and samples are collected. Market conditions play a role in the results of the program as fishermen tend to be more conscientious in tending the gear when markets are good.

The research gillnet program has proven very effective in providing abundance estimates for Newfoundland herring stocks. However, it is only one component in the assessment procedure and must be considered in relation to information from the commercial fishery and other research activities. A single abundance index is not sufficient. The program is constantly evolving; more fishermen are required and more detailed data analysis must be done. The future success of the program depends upon the cooperation and support provided by the contracted fishermen.

2.4.1.4 Questions and Comments

Question:

How does indexing (catch rates) compare with overall abundance assessments?

Response:

They tend to follow the same trends as the overall assessment trends.

Question:

How long and where do they fish?

Response:

They fish for one month, depending on the area and time of year.

Question:

Looks good on paper but does it exist in the Gulf?

Response:

A program was implemented in the Gulf this year, but we don't supply the nets so we don't get to evaluate the abundance of young herring. Also we move our nets, they don't in Newfoundland.

Comment:

Not enough communication with the fishermen involved from the Caraquet area. There was agreement from the Department on this; we will try to work on that problem.

Comment:

Varied mesh size surveys are very useful but they could also be used to estimate percentage of male/female, roe yield, and percent spent. These characteristics may vary from mesh size to mesh size.

Comment:

Because our fishery is so different from Newfoundland, we could not carry on such a program in the same way. We need to move our nets and require more fishermen to cover the large area of the Gulf.

Fig. 1: Newfoundland herring stock areas and research gillnet locations.

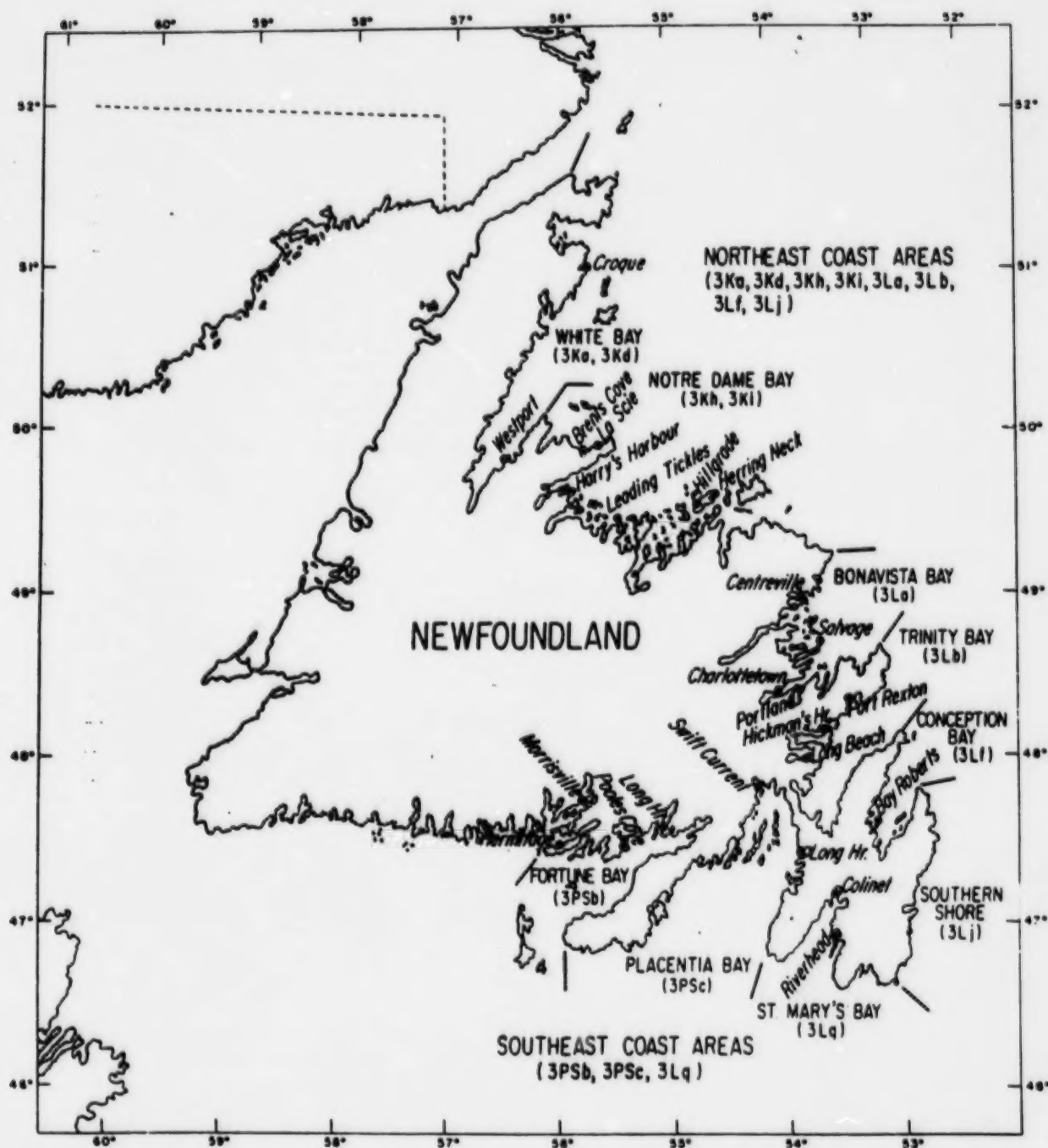
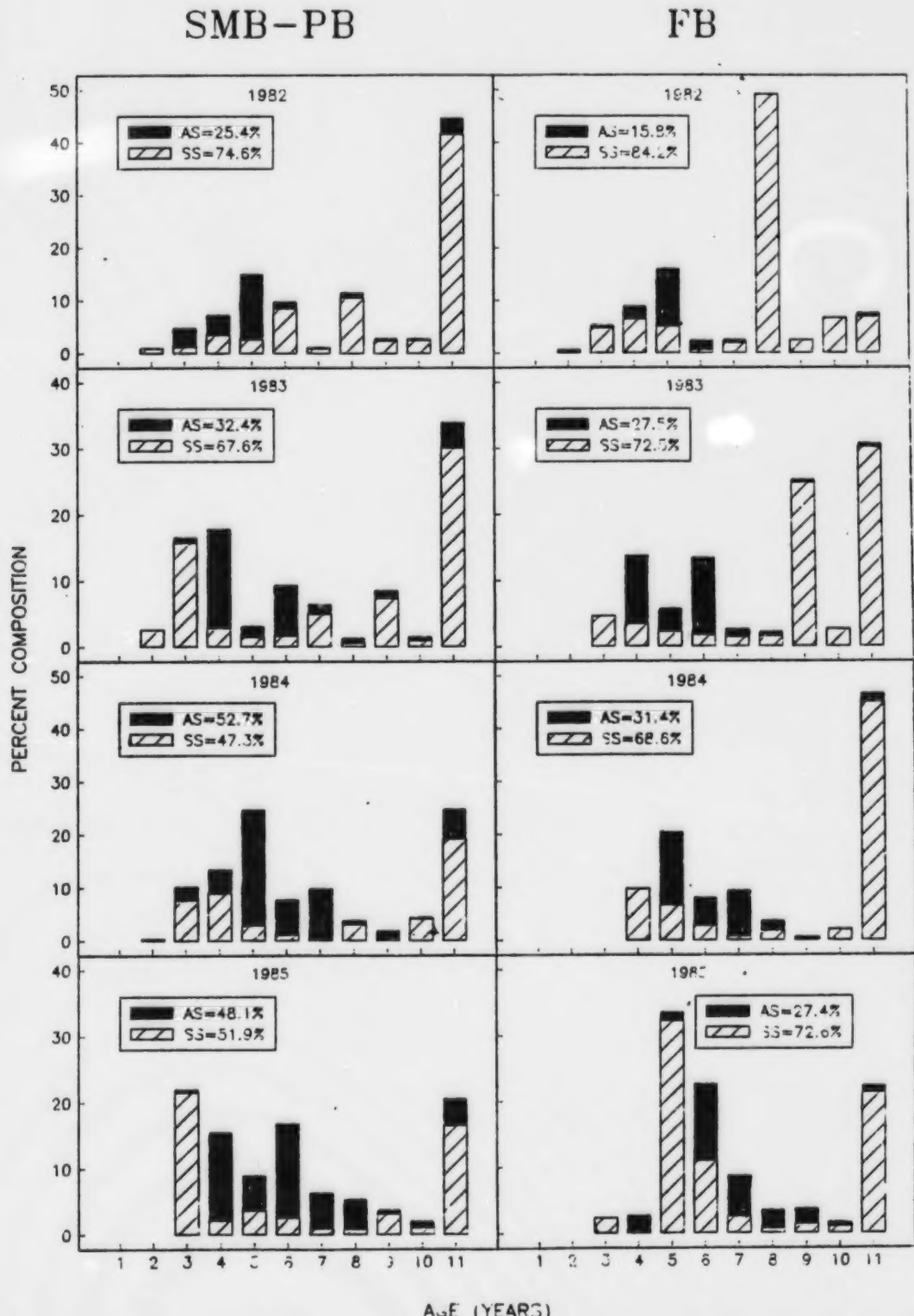


Fig. 2: Sample page from the research gillnet program logbook.

[illegible]

REMARKS:

Fig. 4: Age compositions and percentages of spawning types from research gillnet catches, St. Mary's Bay - Placentia Bay, 1982-85.



2.4.2 Acoustic Surveys for Estimating Size of Herring Populations

Ross Shotton
Economics Branch
Scotia-Fundy Region
Department of Fisheries & Oceans
Halifax, N.S.

An acoustic survey is a technique that provides a means of rapidly and directly determining the size of a fish stock at the time the survey is undertaken. Thus for example, the size of a population may be determined acoustically at the start of a fishery, and sometime later when the fishery closes. Estimates of fish stock size obtained from acoustic estimates may be used to formulate advice on what catch quotas should be permitted for a particular fishery given the estimated size of the stock.

There are several requirements essential to undertake an acoustic stock assessment:

- (1) The necessary acoustic equipment and a survey vessel,
- (2) a fish stock whose behavior and distribution makes it possible to survey it acoustically, and
- (3) certain information necessary for interpreting the echo data that are collected in teams.

In the following sections these requirements will be examined in relation to how they affect acoustic assessment of herring stocks in the southern Gulf of St. Lawrence.

2.4.2.1 The Physics of Sound Involved in the Acoustic Technique

Herring fishermen will not put to sea if their fish finding gear, in particular their sonar, is not working. The sonar can indicate not only the presence of herring but, to the skilled operator, the size and density of the herring school. The manner of operation of an acoustic system used for estimating stock abundance is essentially the same as those systems used for finding fish.

A transmitter is used to activate a transducer which results in a pulse of sound radiating out from the transducer. Fish, or anything else whose density (or its acoustic impedance) varies from that of the surrounding seawater will result in an echo, which if its intensity is not too weak, will be detected by the transducer. The transducer converts the sound pulse into an electrical pulse, just as a telephone mouth piece does. The voltage of the induced pulse is proportional to the intensity of the echo pulse arriving at the transducer.

Because the speed of sound in water is well known (it depends in a complicated way on the temperature, salinity and depth), by measuring the time from when the transmitted pulse left the transducer to when the echo was received, the distance of a fish can be determined,

$$\text{i.e., range} = \frac{vt}{2}$$

where: v = speed of sound in seawater (1500 m/sec)
 t = time

The right hand side of the equation is divided by two as the distance travelled by the sound is twice the range, i.e., there and back.

The acoustic system uses a clock which measures with an accuracy of 100 μ secs, i.e., 1/10 000 of a second; hence it can measure the range of a fish from the transducer, with a resolution of 7.5 cm!

With a commercial sonar, the more dense the fish, the brighter the response on the screen, or the darker the mark on the paper recorder. For doing accurate assessments, a scientific system must be able to measure the intensity of the echo, independently of how much gain is being used on the screen or paper recorder. To do this a piece of electronic equipment known as an analogue-digital converter is used: it converts the voltage into a number which can be stored in a computer for later analyses.

While the principal components of a scientific acoustic system are the same as a commercial system, and the physics of how they work is the same, there are some differences in how the equipment is configured. For acoustic surveys the transducer is placed inside a streamlined body so that it can be towed beneath the ship. This reduces the effect of rolling and pitching of the ship on the position of the transducer and reduces the noise from the propeller and waves which would tend to mask the echo of small fishes, particularly when they are at great range from the transducer.

To tow the transducer an expensive coaxial cable must be used, containing wires for conveying the transmit pulse and the echo pulse between the transducer and the acoustic system. As mentioned earlier, a device to measure the "echo voltage" is needed. These values are stored on magnetic tape; all of these operations are controlled by a computer which is the heart of the scientific system.

Because it is important that the results obtained in one year be consistent with those obtained in other years, the acoustic system must work in an identical manner each time it is used. To ensure this, the acoustic system is calibrated at frequent intervals by using a standard target or a standard hydrophone. Should the response of the acoustic system vary, then an adjustment (of the gain) ensures that a fish of the same size produces a voltage of the same level each time the acoustic system is used.

2.4.2.2 Estimation of Fish Density

The first step in determining the amount of fish in a particular area is to relate the intensity of the echoes that are received to the number of fish which are causing them. The echo intensity received at the transducer face is determined by a mathematical relation:

$$I_r = \frac{I_0 p \bar{\sigma}_b \Omega_0 \frac{c\lambda}{2}}{R^2 e^{2\beta R}}$$

where I_r = intensity of an echo measured at the transducer

I_0 = intensity of the transmitted pulse 1 m from the transducer. This is often called the "source level".

p = density of fish, i.e., number per cubic metre

$\bar{\sigma}_b$ = average backscattering cross section of a fish.

Ω_0 = equivalent beam angle

$c\lambda$ = pulse width of the sonified volume

R = range of the sonified volume

β = attenuation coefficient of sound in seawater

I_0 is sometimes called the source level when it is measured in decibel units. It is the intensity of the sound that is transmitted, 1 m from the transducer on the acoustic axis. $\bar{\sigma}_b$ is described as backscattering because it refers to the sound echoed back to the transducer. It is called a cross-section area because a fish can be considered in terms of the area it represents in scattering sound: it measures the amount of sound which is intercepted by the fish; a bigger fish will intercept more sound than a smaller fish and thus will have a larger cross-section area. The bar tells us we must use the average value for all the fish in the sound beam, i.e., those fish "sonified" by the acoustic pulse. The equivalent beam angle measures the width of the transducer beam. A transducer with a wide beam will have a larger equivalent beam angle than a fish with a narrow beam angle. The term $\frac{c\lambda}{2}$ measures the width, or thickness of the transmitted pulse. This distance depends on the speed of sound, C , and the time the transmitter is turned on to generate the pulse, λ . It is divided by two because the sound has to go and return, so the "opponent" pulse width, i.e., that volume from which echoes are retained at the same time, is only half its actual value. The R^2 term in the denominator accounts for the diminution of the sound intensity as the pulse spreads out as the range

increases. The term, $e^{2\beta R}$, describes the decrease in the intensity of the transmitted pulse caused by absorption of sound by the seawater.

If a good estimate for $\bar{\sigma}_b$ exists then the density of fish can be obtained by rearranging the model so that,

$$P = \frac{I_r R^2 e^{2\beta R}}{I_o \Omega_o \frac{c\lambda}{2} \bar{\sigma}_b}$$

Because the density, P, can be determined from the transducer to the seafloor, the number of fish in a column of seawater will be the sum of each P measurement.

$$N = P_1 + P_2 + \dots + P_d$$

If the survey area is A square meters, then the total number of fish will be:

$$N_{total} = AN$$

2.4.2.3 The Effect of Herring Behavior on Acoustic Surveys

Unfortunately, there is more to undertaking a successful acoustic survey of herring than installing the equipment on a survey vessel and heading to sea. One of the critical elements of a herring survey is knowing well the behavior of the herring. The location of the herring must be known before the start of the survey because usually there is insufficient time to steam all over the Southern Gulf of St. Lawrence to locate the herring before the survey can be started. Fortunately, herring are very regular in their seasonal movements from one year to the next so that in designing the survey a reasonable level of confidence exists as to where herring will be located.

In the Southern Gulf, at the time of the annual survey in November, the major concentration occurs along the coast from Grande Rivière to Newport with small aggregations being encountered further along the coast towards Shigawake. Some schools are also usually found in La Malbaie, about Bonaventure Isle and Gaspé Bay. Our surveys have shown that some, but not many, isolated schools occur about Miscou Island. Scattered schools occur along the northern coast of eastern Prince Edward Island, and along the western coast of the northern part of Cape Breton Island.

In the Sydney Bight another major concentration of herring occurs, though in this relatively small area two separate populations appear to exist along the east side of the Bight. Herring occur from Neil Harbor to south of Ingonish, in some years as far as St. Anne's Bay, but otherwise not south of Wreck Point. These herring have distinct day and night behaviors. At night they move close inshore and disperse forming a band from $\frac{1}{2}$ to $1\frac{1}{2}$ km

wide which can extend along the whole coast. During the day these herring form into schools and move offshore. Along the southern part of the Bight, many relatively small schools occur, mainly off New Waterford, but extending along the coast to Flint Island, though with decreasing abundance.

Of course herring don't stop there, and some initial work shows that herring can continue to be found south of Flint Island, in Gabarus Bay and possibly down into Chedabucto Bay.

The planning of acoustic surveys must take account of the migratory behavior of herring. For example, herring move from Chaleur Bay to Sydney Bight. The survey design must ensure that the same herring must not be counted twice. By the same token, the timing of the survey should ensure that all, or as much of the existing stock as possible is surveyed at least once. Because knowledge about the migratory behavior of herring is not perfect, the possibility of either failing to survey part of the population, or counting them twice, must also be kept in mind in designing surveys and interpreting the results.

Migratory behavior of herring can raise another difficulty because different stocks of herring spend some part of the year mixed with herring from different stocks. Herring may be mixed together in spawning areas, and move to different feeding areas. They may spawn in different areas and mix with other stocks in feeding areas. In Chaleur Bay, herring move north to Anticosti Island and to Sydney Bight. In Sydney Bight, herring can be present from the Gulf of St. Lawrence and from southwest Nova Scotia. In these areas, it is not sufficient to simply do an acoustic survey without paying careful attention to reporting the acoustic results from different stocks occurring in the same area, if this is possible!

The most important aspect of a herring's behavior is that the herring must be accessible to the acoustic survey. If the herring, or an important part of the stock, occur near the surface (at least at the time of the survey) then those fish cannot be sonified, and it is not possible to survey them acoustically. If herring move close inshore where it is not possible to safely navigate with the survey boat, then such fish will not be able to be surveyed. Another possible type of behavior by herring has been suggested. Some believe that at times herring spread out along the bottom. If this type of behavior occurs, then such herring will not be distinguishable from the seafloor. These types of behavior emphasize the requirement that if the herring can't be located, either because their location is unknown, or they occur in an area which is inaccessible to the survey vessel, or even if the herring simply avoid the survey vessel as it steams along its survey transects, then all these types of behavior will contribute to error in the final estimates of herring abundance.

2.4.2.4 Relation of Backscattering Cross Section and Herring Aspect

The nature of herring behavior can be important even when the herring can be sonified by the acoustic system. From the mathematical model explained above, it is apparent that the estimate of the amount of herring

present in an area depends on $\bar{\sigma}_b$. This value is often expressed in terms of a kg of herring. However, if this value changes, then the estimate that is obtained will be in error. The backscattering cross section will depend on the size of the herring, but more importantly, it will depend on the average aspect of the herring in the sea. If herring always swam in a horizontal mode, then the scattering area they show to the transducer will be the same. However, underwater photographs show that herring swim at all angles, sometimes pointing directly upwards or downwards. In these cases, the cross section aspect in relation to the transducer will be smaller, and if a $\bar{\sigma}_b$ value is used based on observations on herring which swam horizontally, then the amount of herring estimated would be too low. This would be an extreme case. However changes in the variance of the pitch angle, as well as the mean pitch angle, will require that appropriate values be used in estimating the amount of fish from the echo intensity that is measured.

Another aspect of the biology of herring that is important in affecting the backscattering cross section of herring is the state of inflation of the herring's swimbladder. Because the swimbladder is the organ of the fish which contributes the main part of the echo, then the state of inflation of the swimbladder will be an important determinant in how strong the intensity of an echo is from a single herring. If the swimbladder is empty, i.e., if it contains no gas, then the echo intensity from such a herring will be only 10% that of a herring whose swimbladder is full. Thus knowledge of the state of inflation of the swimbladders of the sonified herring will be important in the proper interpretation of the echo intensities that are obtained. At present, this remains a problem to be further researched.

2.4.2.5 Survey Design Requirements

It is not sufficient simply to install the acoustic system on the vessel and head off where the herring are expected to be, and then steam around from one school to another. There must be a pre-designed survey based on vigorous statistical principles. The reason for adopting such a procedure is to ensure that the results from one year must be comparable with the results obtained in other years. To do this, the estimate of the population total must be unbiased, i.e., the expected value of the sample results should be the same as the actual number of herring that occur in the population. Second, the survey should be designed in such a manner so that the precision or variance of the population estimate can be determined. The variance of the estimate gives an indication of the possible error in the population estimate. The variance of the population estimate can only be determined if the survey transects are randomized in a proper manner.

Estimates of the herring population total will vary depending on how the transects are placed in the survey area so it is important to know how confidently one can decide that two population totals are different, say from surveys in two successive years. While two estimates may vary, the difference may be due only to sampling variation, and not because there is an actual difference in the successive population sizes.

Negative bias in a population estimate will occur if part of the population cannot be covered by the survey. For example, if some of the herring occur in very shallow areas, or in some area that is not covered by the survey, then no matter how much survey effort is expended, the final population estimate will be too low. If the bias from this cause is constant from year to year then the population estimate will still provide a good index of population abundance. However, if the fraction of the stock which is inaccessible varies from one year to another, then the population estimate obtained by the acoustic survey may merely reflect changes in availability of the herring population to the acoustic survey, rather than actual changes in the actual size of the population itself. Likewise, changes in the availability of the population may magnify changes in population abundance indicated by the acoustic survey.

Obviously, the more precise an estimate of the total population is, the better. It also seems obvious that an estimate based on one week's sampling effort will be better than an estimate based on only one day's surveying: as the amount of survey effort increases, the better the result will be. How true this is depends on the nature of the distribution of the herring. If the herring are distributed in a highly clumped manner, then the addition of an extra transect may radically change the population estimate if it should pass through the centre of a large aggregation. If the herring were fairly uniformly dispersed, then the population estimate will not change very much as the sampling effort is increased. Yet a further consideration is that surveying is expensive, each day at sea can cost about \$3,000. While this value stays constant with time, the improvement in the precision of the estimate will constantly decrease with time. Thus at some point it will not be worthwhile to continue sampling because of the diminishing return in "value" for the sampling effort.

When to stop sampling, or more realistically, how much sampling time is necessary to get a "good" population estimate? This question is still to be researched, despite the self-evident importance of this question. There may even be limitations on how much sampling effort should be expended that depend on the possibility of increasing bias, rather than increasing precision. For example, if sampling continues for an extended period, then the herring may move out of the survey area while sampling continues. Thus the population estimate will be negatively biased - it will be too low.

Solutions to these problems are not simple. However, neither are they so complex that judgement, based on a good understanding of the nature of the fishery and the biology of the herring, cannot provide a good basis for designing a survey that provides useful results. Research should be continued to improve understanding of the nature of these relations.

2.4.2.6 Requirements for Biological Information

Acoustic surveys cannot restrict their activities to steaming acoustic transects. Some of the time spent at sea must be used to collect biological information about the target stock. Directly relevant to the acoustic survey are the sizes of the herring. This is important because the value of

the backscattering cross section of the herring depends on the size of the herring: smaller herring have a larger backscattering cross section per kg than do larger herring. But other biological data are important also: it is important to know what fraction of the surveyed population is sexually ripe, or has just spawned. This information is used to estimate the proportion of spring and fall spawners when they occur in the same area at the time of an acoustic survey. Herring that are sampled for sexual condition can also be measured and bones taken for age determination.

Collecting biological information, while necessary, compromises the precision of the population estimates as time must be set aside to take trawl samples; how many trawl samples should be taken is also a matter for further research.

2.4.2.7 Future Possible Innovations in Acoustic Survey Techniques

Acoustic surveys have many attributes as a method used in management of pelagic fisheries. However using research vessels is expensive, because of their size they may be unable to survey in areas where significant amounts of herring are known to occur, and they can only be in one place at a time. This last constraint is important if a rapid survey is essential to ensure that herring are not counted twice by their movement from one part of the survey area to another.

One possible solution to these constraints is for the herring fleet themselves to undertake this survey. In this way a number of vessels can be deployed at once, each allocated a part of the geographical range of the herring to survey. Such an acoustic survey technique has been done in Peru in the anchoveta fisheries where a qualitative survey was termed a "Eureka" survey, i.e., the estimate for the whole population was obtained in one day.

For such surveys to be of use, considerable attention must be paid to the planning and execution of survey transects by the vessels, to ensure that the results obtained by the different vessels were compatible. Each vessel must be equipped with identical equipment, carefully calibrated to ensure that they produce consistent results.

Equipping a fleet of vessels with suitable acoustic systems is not a trivial task. An acceptable acoustic system could cost \$20,000 per set. Thus before vigorously advocating a Eureka survey approach, careful cost-benefit analyses are necessary to ensure that the survey costs are not excessive in relation to the benefits of a rapidly obtained survey result.

2.4.2.8 Questions and Comments

Comment:

Acoustic surveys are a direct rather than an indirect method of measuring abundance. There are three necessary components to a good survey:

adequate technology, and idea of where and when to go, and a method of designing the acoustic survey so that results are "good" and comparable from one year to the next.

Acoustic technology and its application must take into consideration the physics of the pulse, the electronics on the boat and the echo that is reflected from the fish. There are a number of factors which must be considered. These are the tilt or position of the fish relative to the sounder, the location of the fish or school relative to the seafloor and thickness of the school, backscattering effects and size of the fish.

Question:

What is the rationale for using transects rather than only targetting on large concentrations of herring?

Response:

To obtain an estimate of biomass a preconceived search pattern and/or survey design approach has to be followed. The autumn acoustic survey in Chaleur Bay was successful in locating and quantifying the herring which were present. Gulf Region Science Branch intends to continue these surveys.

Comment:

There should be acoustic surveys at other times of year, for example Fisherman's Bank in September.

Comment:

Acoustic surveys are not the only source of information on biomass; they have serious limitations.

Comment:

The length of the survey should reflect the precision required by resource managers. The biomass survey of Chaleur Bay should be more intensive. Industry can provide intelligence as to where herring are located.

2.4.3 Spawning Bed Surveys in the Southern Gulf of St. Lawrence

Shoukry N. Messieh
Science Branch, Gulf Region
Fisheries and Oceans
P.O. Box 5030
Moncton, N.B.
Canada E1C 9B6

Surveys of Pacific herring spawning beds on the coast of British Columbia have been carried out on a yearly basis since 1937 with the aim of providing an index of stock abundance. On the Atlantic coast, it was not until 1980 when scuba surveys were initiated in the Miramichi Bay to provide an index of herring abundance for assessment purposes. The aims of this project were to locate and survey the spawning beds, and to obtain data on spawning intensity and spawning stock biomass. Prior to 1980, only one scuba survey of a herring spawning bed (Tibbo et al. 1973) had been carried out in the Bay of Chaleur. This survey, however, was more qualitative than quantitative in nature.

Scuba-diving surveys of herring spawning beds were carried out in the springs of 1980, 1981, 1983, and 1984 and in the autumns of 1985 and 1986 (Messieh et al. 1983; 1984, 1985; Pottle et al. 1981). The spring surveys were conducted on a major spawning ground at Escuminac in Miramichi Bay, N.B., and the autumn surveys were carried out on Fishermans Bank off southeastern P.E.I. (Figure 1). These locations were chosen because they are the centers of major herring fisheries in the southern Gulf of St. Lawrence. These surveys provided information on substrate characteristics and allowed estimation of the sizes of spawning beds and intensities of egg deposition.

2.4.3.1 Locating the Spawning Beds

On the basis of information from local fishermen, gillnet distribution and maturity stages of the herring catch, the biologist identifies the general area of the spawn. Scuba divers then carry out dives at regular intervals along a search grid. Each dive is of 3-5 minutes duration and consists of a quick descent to the bottom along the anchor cable and a search of the substrate within a radius of 4-5 m. Data on depth, substrate type, algal species present, and percent cover are recorded at each station.

Once the spawn is located, the spawning bed boundary is determined by divers swimming in transects from the central area of the bed. When no more eggs are found on the substrate, the divers continue on for a few more meters, then surface and obtain a buoy from the tender. The buoy is placed at the last location in which eggs are found. The locations of the boundary marker buoys are determined by LORAN C. In 1986, an underwater video camera was used to assist divers in the search for spawning beds. This technique drastically reduced the searching time. Delineation of the perimeter of the

spawning beds by the video camera was much faster than "bounce" diving. Moreover, instant pictures of the spawn received on the monitor on board of the vessel were readily available for review and replay.

2.4.3.2 Description of Spawning Beds

The substrate of the spring spawning bed at Escuminac can be described generally as rocky with sandy patches covered with seaweeds. Irish moss was the dominant macrophyte in the area, followed by rockweeds and leafweeds. Eggs were found mostly on algae, but also on exposed bedrock. Herring eggs were distributed over a depth range of 0.8 - 5.0 m, with the largest concentrations in 1.5 - 4.0 m. The lack of eggs deeper than 5 m was probably due to the sandy bottom and lack of vegetation. The attachment of a high proportion of the eggs to Irish moss was probably due to the widespread distribution of that seaweed rather than to a preference for it by herring.

The substrate of the autumn spawning bed on Fishermans Bank consists mostly of bedrock mixed with cobble. The algal cover is negligible and mainly composed of filamentous red algae. Herring eggs were distributed over a depth range of 10-25 m, and unlike the spring spawning, the eggs were evenly distributed in the form of a thick carpet.

2.4.3.3 Egg Density

After mapping the perimeter, a sampling grid is plotted on the spawning bed with stations about 200 m apart. Some stations are taken outside the bed as a check on the accuracy of boundary determination. At each station the diver collects a random sample (0.25 m²) of the herring deposit, using an airlift operated by compressed air from the diver's tank. The airlift propels loose material and eggs scraped from the substrate into special bags. In case of heavy egg deposition, the airlift is not used, and the samples are cut out of the egg sheet within the quadrat. Sample bags are labelled and preserved for laboratory examination. Some fresh egg batch samples are incubated in a recirculated sea water system for further observation of their development.

Estimates of egg counts are made from dried samples. Eggs are thoroughly cleaned from gravel and then placed in an oven (60°C) to dry for about 16 h to a constant weight. Subsamples of eggs are accurately weighed and counted to estimate the total number of eggs per quadrat. Two to three counts are usually taken for validation, and differences in count do not exceed 1%. Egg density is expressed as number of eggs per m².

The size of the spawning beds and the density of egg deposition varied greatly (Table 1). In 1980, the spring-spawning areas in Huckleberry Island, Miramichi Bay was 87,500 m² and egg density was 8,600 eggs/m². In 1981, the spring-spawning area in Escuminac was only 42,500 m² and egg density was very low at 1,760 eggs/m². In 1983, the single spawning bed was 20 times larger than in 1981 and egg density was also much higher at 24,700

eggs/m². In 1984, spawning was distributed over three beds (Figure 2) with a total area exceeding 2,000,000 m², and mean egg density (80,000 eggs/m²) was more than 3 times higher than in 1983.

Egg density was much higher in the autumn-spawning beds on Fishermans Bank (Table 1). In 1985, egg density was extremely variable among the four autumn-spawning beds, but, nevertheless, egg deposition was very high with the average intensity being 3,560,000 eggs/m². Total area off the four spawning beds (Figure 2) was 1,821,000 m². In 1986, the single spawning bed was 1,100,000 m², which was about 60% of that in 1985. Egg density was slightly higher at 3,800,000 eggs/m². In the two years of observation, egg densities were much higher than had been observed on the spring-spawning grounds.

2.4.3.4 Estimating Number of Spawners

From estimates of size of spawning beds and egg densities, the number of spawners are estimated. This requires the knowledge of fish fecundity, proportion of males and females in the population, catch composition and mean weight-at-age of herring. Estimates of the number of spawners in spring-spawning population in Escuminac (Table 2) showed a sharp decrease in number of spawners in 1981. This could be attributed to the dredging of the Miramichi shipping channel which began near the spawning bed in late April 1981, and the possibility of interfering with the movement of herring schools. In 1984, number of spawners were about 8 times higher than those in 1983.

In the two years of observation, number of spawners of autumn-spawning population was much higher than those of spring-spawning population (Table 2). The highest value was in autumn 1985 when an estimated 89.5 million spawners deposited their eggs on Fishermans Bank spawning bed.

2.4.3.5 Incubation Period

In all 4 years of observation, spring spawning at Escuminac occurred during the first 3 weeks of May, and egg deposition varied from scattered eggs to patches which were 1-5 layers thick. The incubation period varied from 14 to 19 days, depending on water temperature which ranged from 3.3°C to 9.7°C during the spring surveys.

In the two years of observation, autumn spawning on Fishermans Bank occurred in waves during September 4-26. Herring eggs were distributed evenly like a thick carpet. The incubation period lasted from 7-10 days, depending on water temperature which ranged from 14.0° to 17.0°C during the autumn surveys.

2.4.3.6 Egg Mortalities

Mortalities of herring eggs are caused by natural causes, i.e. egg development failure, and by fish predation. Samples of herring eggs for examination of developmental stages were collected prior to and during the quadrat sampling. After deposition on substrate, herring eggs pass through 5 stages of development until they hatch. Examination of egg developmental stages showed a difference in egg mortalities between spring-spawned and autumn-spawned herring. In the 4 years of observation in Escuminac the natural mortalities of eggs did not exceed 10%. In contrast, natural mortalities on Fishermans Bank in 1985 exceeded 90%. The high egg mortalities were attributed to high density of egg deposition (up to 30 layers of eggs; 4.5 cm thick).

Fish predation on herring eggs contributes to high rate of egg mortalities on the spawning bed. Analysis of stomach contents revealed that various fishes feed on herring eggs. These are winter flounder, sculpins, Atlantic cod, cunner and for the first time recorded, Atlantic mackerel. In spring, winter flounder was the major predator. The mean number of herring eggs per stomach was 1,530, 3,500 and 6,500 in 1981, 1983 and 1984, respectively. Estimates of egg mortalities due to predation ranged from 30% to 69% of the total egg deposition in the three years of observation. In fall, winter flounder and Atlantic mackerel were the major predators of herring eggs. Mean number of herring eggs per stomach was 7,600 and 3,900 for the two species, respectively. Minimum total predation on herring eggs was estimated at 30% of egg deposition.

2.4.3.7 Questions and Comments

Question:

What factors determine location of beds?

Response:

Most important is geographic location and depth.

Comment:

No. of eggs cannot predict recruitment but are useful for estimating size of spawning stock.

Comment:

Egg layers thicker than 1/2" - 3/4" result in heavy mortality of eggs.

Question:

Where was heaviest concentration of spawn?

Response:

At 45' depth on west shore of Fisherman's Bank.

Question:

Spawning bed survey in Chaleur Bay when will DFO look in this area?

Response:

We intend to start in 1988.

Comment:

Activities of fishing fleet may affect spawning behaviour of herring and result in heavy concentrations of herring spawn. This aspect is not known.

Comment:

Spawning bed survey, focussing on thickness of egg layers could be used as an index of recruitment.

Comment:

More activities should be focussed on Chaleur Bay spring and fall spawning beds.

Question:

Why does milt remain well defined in the water column for such a long time, up to several days?

Response:

We do not know.

Table 1. Size of herring spawning beds and intensity of egg deposition in major spring and autumn spawning locations surveyed by SCUBA diving in the southern Gulf of St. Lawrence, 1981-86.

Season	Year	Location of Spawning Beds	Spawning Area (10 ³ m ²)	Egg Intensity (NX10 ³ m ²)
Spring	1980	Huckleberry Is.	87.5	8.6
	1981	Escuminac (1)	30.0	2.0
		Escuminac (2)	12.5	1.2
	1983	Escuminac	880.0	24.7
	1984	Escuminac (1)	560.0	85.9
		Escuminac (2)	445.0	34.2
		Escuminac (3)	1,100.0	95.8
Autumn	1985	Fishermans Bank (1)	286.0	2,590.0
		Fishermans Bank (2)	489.0	250.0
		Fishermans Bank (3)	239.0	4.7
		Fishermans Bank (4)	807.0	6,960.0
	1986	Fishermans Bank	1,100.0	3,800.0

Table 2. Mean number of spawners in spring-spawning population in Escuminac, and autumn-spawning population in Fishermans Bank.

Year	Season	Number of Spawners
1980	Spring	29,400
1981*	Spring	3,500
1982	no survey	---
1983	Spring	930,000
1984	Spring	7,650,000
1985	Autumn	89,500,000
1986	Autumn	58,200,000

* Miramichi Bay dredging operation.

Fig. 1: Spring and autumn spawning grounds in the southern Gulf of St. Lawrence. Locations of spawning bed surveys are circled.

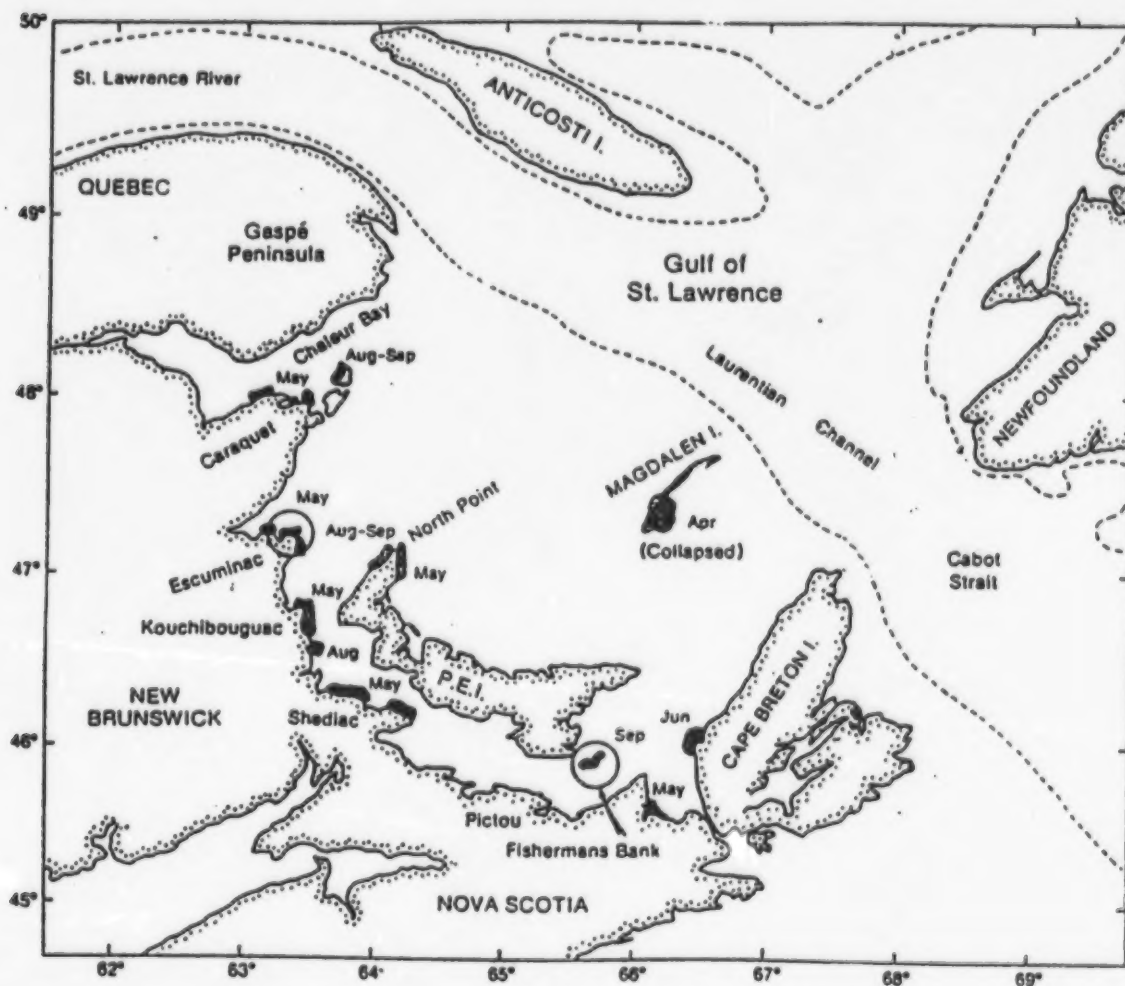
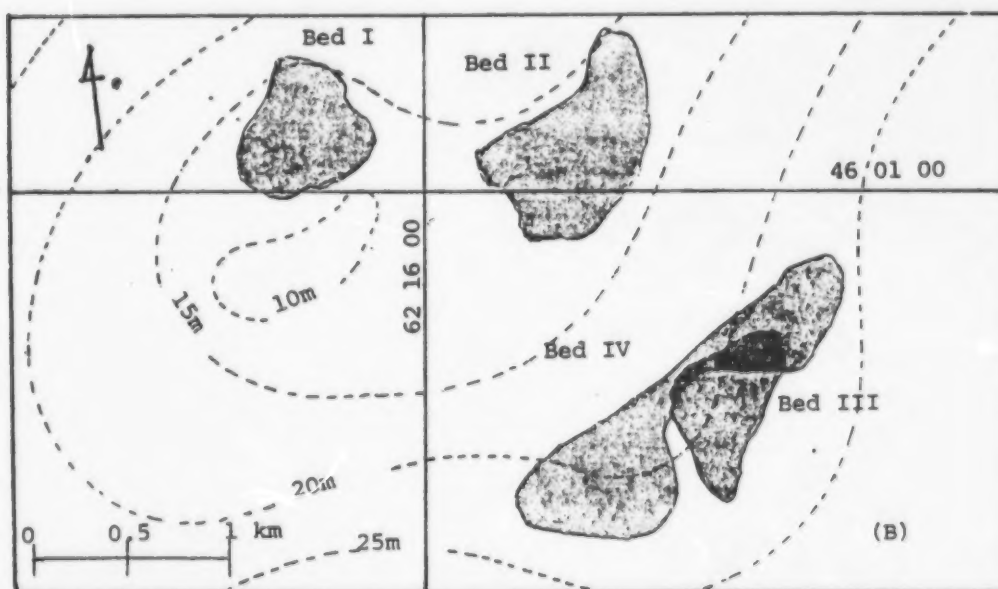
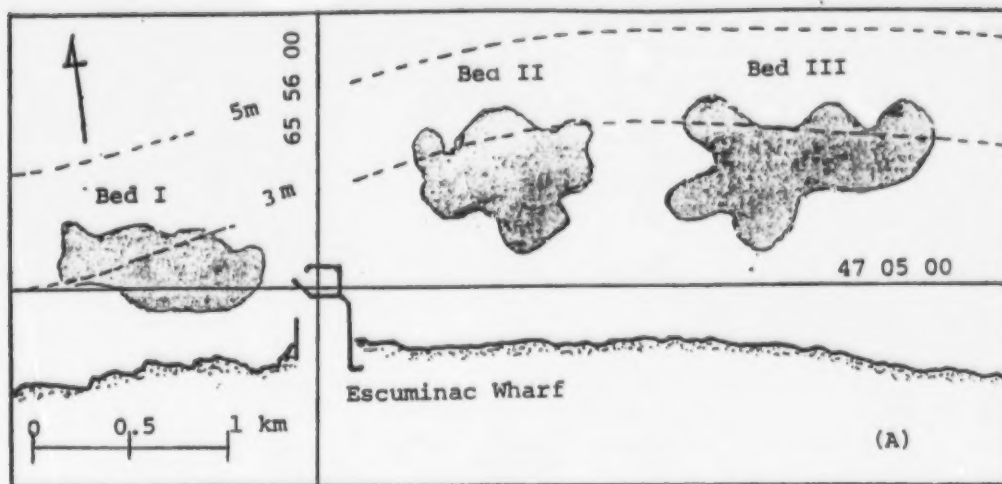


Fig. 2: Herring spawning beds surveyed by Scuba divers:
 (A) Escuminac, spring 1984;
 (B) Fishermans Bank, autumn 1985



2.4.4 Larval Surveys as Potential Indices of Abundance

Robert L. Stephenson
Science Branch, Scotia-Fundy Region
Department of Fisheries & Oceans
Biological Station
St. Andrews, New Brunswick EOG 2X0

2.4.4.1 Introduction

Herring lay demersal eggs (on the bottom) which hatch after about a week into larvae approximately 5 mm in length. Larvae are planktonic (floating or swimming) for several months before assuming their herring-like appearance and becoming "brit". During the planktonic, larval phase, herring are easily captured using fine-mesh (0.5-mm) nets. A standard oblique tow for 10 min at a speed of 3.5 knots samples herring larvae in the entire water column.

Herring are assumed to home to particular spawning areas. The larval distributions correspond to spawning areas and appear to remain aggregated in these areas for some time. These features, when combined with the fact that larvae are easily sampled, have attracted considerable attention to the larval stage as a potential indicator of stock size.

Two general approaches have been taken: larval abundance has been used both to forecast future recruitment and to hindcast parent stock size. The steps involved in both approaches are outlined in Figure 1. The forecast approach projects from larval numbers to the resulting juvenile and adult fish in the future. The hindcast method works back from larval numbers, through estimates of egg numbers to spawning stock size. In both cases, the result may be an actual number of spawners or of recruits or a relative index which may then be used to "tune" or otherwise validate analytical stock assessments.

The two approaches have different assumptions and require sampling during different times of the larval phase (Figure 2). Recruitment forecasting assumes that year-class strength has already been determined, or that subsequent mortality factors are constant from year to year. It requires that a larval survey is done late in the larval stage. Hindcasting spawning stock size from larval abundance assumes constant hatching rates from deposited spawn and constant early larval mortality rates. It requires that a larval survey is done early in the larval stage.

2.4.4.2 Methods

A larval herring survey has been carried out in the Bay of Fundy and eastern Gulf of Maine (Figure 3) each year since 1969, and with standardized procedures since 1972. Since 1981, a larval abundance index from this

survey has been used in the hindcast approach to tune cohort analysis for the 4WX herring assessment.

The standard survey of 112 stations is undertaken during late October and early November each year. An oblique tow using paired 61-cm bongo nets (.505 mm mesh) equipped with digital flow meters is made to within 5 m of the bottom at each site. Larval herring are picked from preserved plankton samples, identified, counted and measured. Larval numbers are expressed volumetrically on the basis of the measured volume of water filtered by the net in each tow as the number of larvae per cubic meter and are converted to the numbers beneath a square meter of ocean surface based on the depth at each station. The resulting map of distribution (e.g. Figure 4) shows a consistent aggregation of larvae each year off southwest Nova Scotia in the vicinity of the major spawning grounds.

An abundance index is calculated as the geometric mean of larval density (number m^{-2}) for the standard set of stations. The historical series of larval abundance values is plotted against estimated spawning stock size (as in Figure 5) during the assessment tuning process (see Section 2.5).

2.4.4.3 Questions and Comments

Question:

Have there been larval surveys in Gulf?

Response:

There is a 10 year data set 1965-75, but this time series was designed to look at cod larvae and therefore is not suitable as an abundance index of herring.

Comment:

Navicula has collected herring larva in St. Georges Bay. This study was very restricted and only a short time span.

Question:

Are larval surveys a useful direction for 4T herring?

Response:

Because they are only useful for predicting the size of spawning stock, they would duplicate our work on spawning surveys, therefore, they would appear to be less useful in the Gulf.

Fig. 1: Potential estimates of abundance from larval herring abundance surveys.

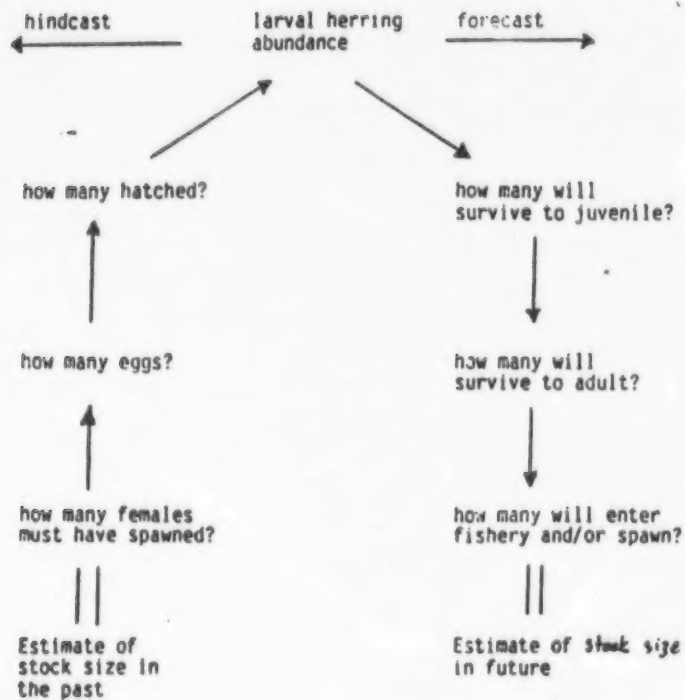


Fig. 2: Schematic representation of the effect of larval survey timing on relative ability to hindcast spawning stock size and to forecast recruitment to the fishery.

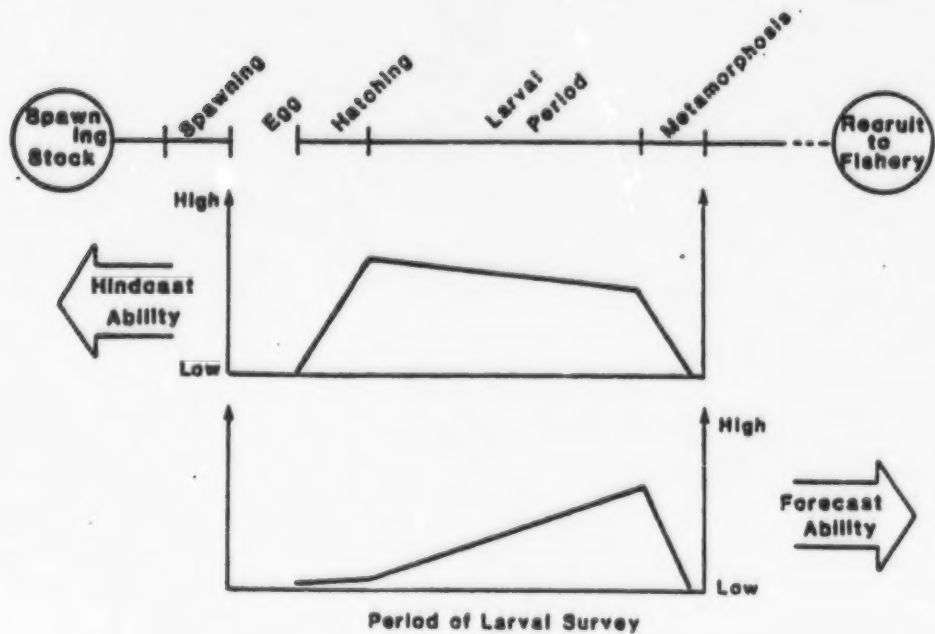


Fig. 3: Station coverage, Bay of Fundy larval herring survey, 1972-85.

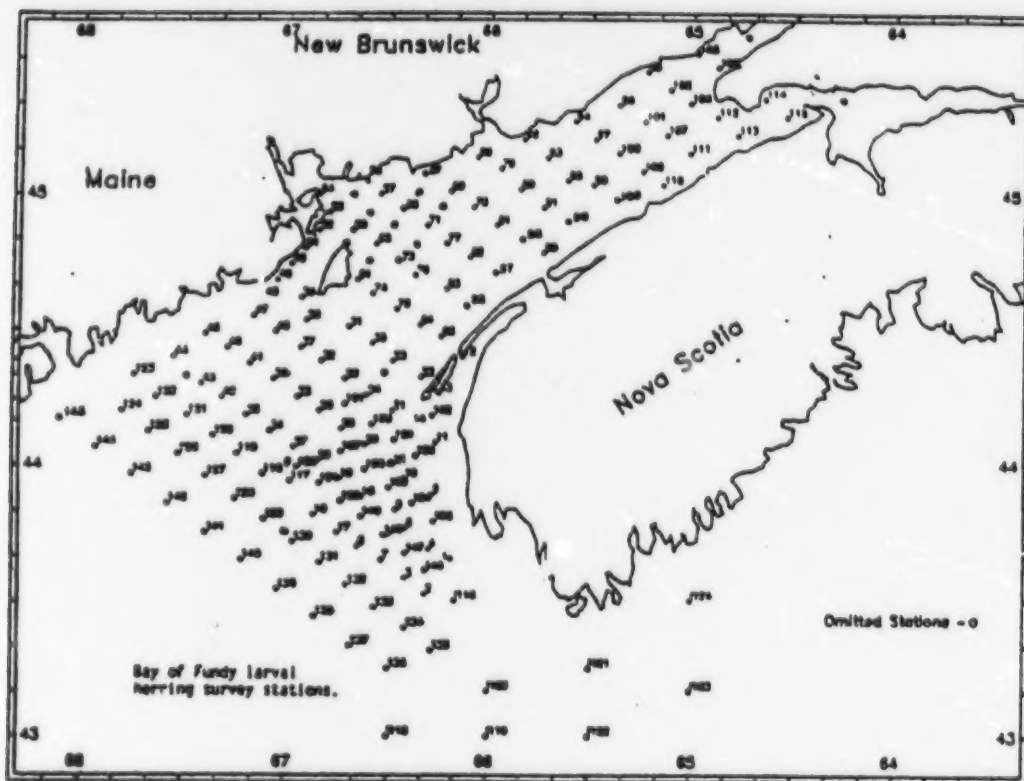


Fig. 4: Distribution of larval herring density (number per m² to bottom) from 1985 Bay of Fundy larval herring survey.

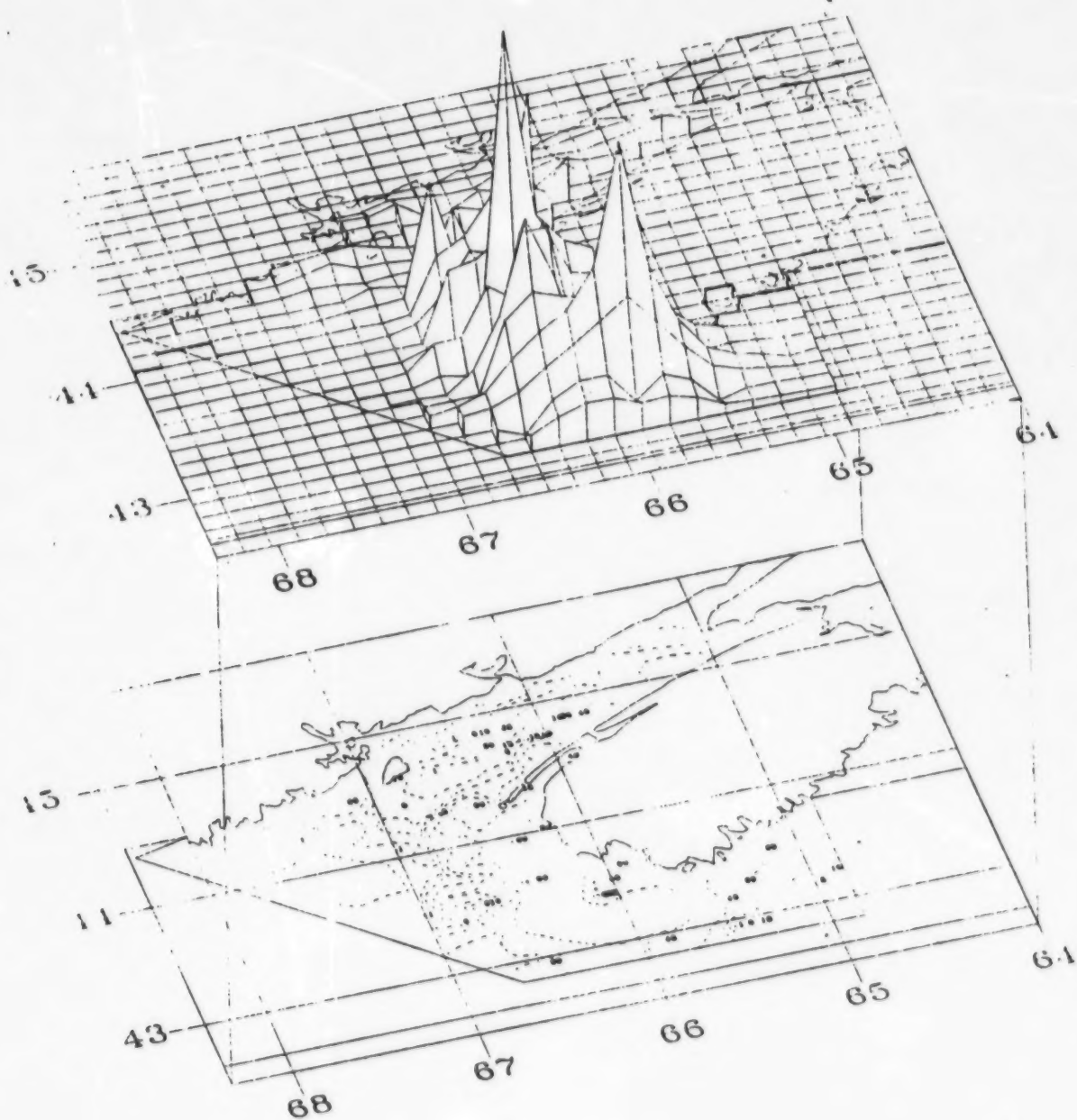
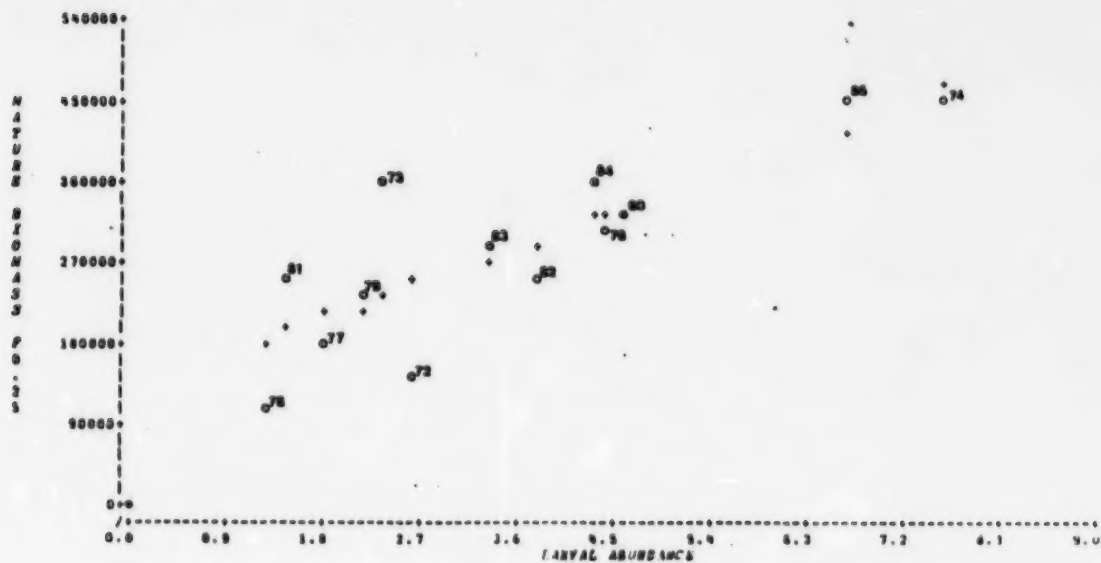


Fig. 5: "Tuning" plot of 4WX herring biomass vs larval abundance 1972-85.



2.4.5 Logbooks in Bay of Fundy

Michael J. Power and Robert L. Stephenson
Science Branch, Scotia-Fundy Region
Department of Fisheries & Oceans
Biological Station
St. Andrews, New Brunswick
EOG 2X0

2.4.5.1 Introduction

Previous sections have stressed the importance of accurate commercial fishery information to the stock assessment process. Fishing vessel logbooks are potentially one of the most valuable sources of such information. Logbooks, if properly designed and completed, can provide a complete and detailed description of the fishery, including amount caught, location and effort expended. The importance and use of logbook in compiling catch information are discussed in Section 2.2 and will not be dealt with here, except to point out that logs are potentially valuable in documenting "total" as opposed to "landed" catch (i.e. documentation of fish released), and in allocating or splitting up catch among smaller unit areas.

Another potential use of logbook information in assessment is through abundance indices based upon catch and effort (i.e. search time) information, or catch per unit effort (CPUE). Based upon the premise that fish should be easier to catch when they are more abundant, the catch rate (or catch per unit of fishing effort) should vary in response to changes in abundance.

In this section we discuss aspects of a new logbook introduced recently into the 4WX fishery purse sein fishery, including a variety of potential CPUE indices.

2.4.5.2 Development of the 4WX Purse Seine Logbook

Purse seiners dominate the large 4WX herring fishery. For several years the fleet has been allocated 80% of the TAC and, in 1985, the 41 active vessels recorded total landings of 101,337 t - 90% of the 4WX stock catch (Stephenson et al. 1986). The potential of this segment of the fishery to affect the stock structure and parameters used in assessment (particularly CPUE indices) is obvious.

While a considerable amount of data had been collected routinely from the 4WX purse seine fishery, the quality and quantity of this information had not always been adequate. As part of an effort to improve the quality of biological information, a new purse seine logbook was designed (Figure 1) and implemented for the 1985 4X summer fishery. Several logbook formats had been in use in the 4WX fishery prior to 1985, but these formats lacked places for information on a number of important activities for the herring

purse seiners, especially searching time. The revised log had several improvements, including fields for search time, markets sought and specific details on sets. All of this information was laid out on one page for each trip or fishing night. At the same time, several operational initiatives were put into effect, including submission of logs on a weekly basis as a condition of license, which reduced misreporting and improved logbook return. All logs were interpreted and coded by Fisheries and Oceans personnel familiar with the herring fishery. The result was a significant improvement in the amount of catch information from the purse seine fishery (further details of logbook development and analysis are available in Power and Stephenson 1986).

Log coverage for the first year (1985) was excellent; 1,802 logs (nights) were received from all 41 active vessels, representing 2,295 sets and accounting for 96% of the landed weight of fish. Logs were generally complete and decipherable. The new form was completed well for location (96%) and catch (84%).

After initial analysis of the 1985 data, feedback was provided to the participating skippers, including: 1) a summary of their particular log data, and 2) a summary of performance by the entire fleet.

2.4.5.3 CPUE Analysis

The 1985 log information allowed the calculation of several indices of CPUE expressed per set (i.e. catch per set), per hour and per day. Values from a single year are of no use as an abundance index. To be of use, comparable statistics for a series of years are required. Even with a series, there is evidence that purse seine CPUE indices are suspect because of variable catchability of pelagic fishes with changing school size and because of the impact of fleet dynamics on catch rates. However, we believe that a useful CPUE series may be possible, and are continuing to gather logbook information for a time series. In addition, the detailed logbook documentation of spatial aspects of the fishery has proven to be critical in the formation of the catch table for the 4WX herring fishery assessment process. The energy required for collection and analysis of the logbooks is worthwhile for this reason alone.

Contribution of logbook information is a means by which members of a fishery can contribute significantly to the assessment process. Logs, as has been discussed, are potentially very valuable. However, the logbook data set is only as good as the quality of the logbook information provided. Its use requires the cooperation of the fishery.

2.4.5.4 References

- Power, M.J., and R.L. Stephenson. 1986. An analysis of logs from the 1985 4Xa summer herring purse seine fishery. CAFSAC Res. Doc. 86/44: 35p.
- Stephenson, R.L., M.J. Power, and I.D. Iles. 1986. Assessment of the 1985 4WX herring fishery. CAFSAC Res. Doc. 86/43: 46p.

2.4.5.5 Questions and Comments

Question:

What is the value of recording set time and sonar time in log books?

Response:

To establish actual fishing or searching time, set time is subtracted from sonar time.

Question:

Is it true that seiners in southwest Nova Scotia under-reported in the early part of the season and then over reported late in the season so that they would achieve their quota.

Response:

We do not know.

Question:

Will misreporting affect usefulness of logs?

Response:

Yes. One solution would be select logs from reliable fishermen.

Comment:

Seiners log books are not used by Statistics Branch to monitor quotas or to calculate total landings. The log books are sent directly to the biologist.

Question:

Is there observer coverage on seiners in southwest Nova Scotia?

Response:

Not today, but there was several years ago.

Comment:

We should discuss the possibility of observers onboard seiners in 4T.

01551

.02 GPO Page
207 218

In this example the vessel Clupea II was used for its own (fishing). When laden on one carrying fish caught by another vessel (scurrying).

Point location is
lat. = long. of
center C.

1. Name of the person
2. Address
3. City, State
4. Zip Code

General fighting ground searched.
Indicate if you searched more than
one, e.g., "Front Gate, Main Corridor Gate"

[illegible]

THIS IS THE TOTAL TIME THAT THE BOAT WAS
ON DURING EPID (IT INCLUDES THE TIME IN
WHICH BOATS WERE NEEDED). IF YOU STOPPED
SEARCHING FOR ANY REASON OTHER THAN TO
MAKE A BOAT, INDICATE WHY IN COMMENTS, E.G.,
"STOPPED SEARCHING FOR 3 HOURS BECAUSE
FISH WERE ON BOTTOM AND WERE NOT BURN".

IMMEDIATELY WHAT HARBOR YOU
WERE FISHING FOR WHEN IF
YOU DID NOT CATCH ANY
FISH UP IF THE FISH YOU
CAUGHT WERE TO OTHER
-224-

Fig. 2: General statistics on CPUE variables for the 1985 4Xa summer purse seine fishery.

Fig. 2. General statistics on CPUE variables for the 1985 4Xa summer purse seine fishery.

Variable name	Number of observations	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Total catch (mt) per trip	1802	46.2	38.1	0	562.5
Kept catch (mt) per trip	1802	44.6	35.0	0	224.0
Released catch (mt) per trip	1802	1.6	14.7	0	471.7
Total trip hours per trip	1494	12.2	3.9	1.0	36.0
Total search hours per trip	1177	4.4	2.8	0.1	14.5
Catch per hour (mt)	994	26.6	41.8	0.2	590.0*
Catch per set (mt)	1539	41.2	25.1	0.9	187.5
Release per hour (mt)	44	13.0	18.6	0.3	113.4
Release per set (mt)	68	26.3	25.6	0.6	157.2
Kept per hour (mt)	980	26.4	41.8	0.2	590.0*
Kept per set (mt)	1519	40.6	24.4	0.9	164.2
Sets per hour	1054	0.6	0.7	0.1	10.0

*Result of one set with 0.1 h searching and a catch of 59.0 mt.

2.4.6 Fishermen Surveys: Gillnetters in the Gulf of St. Lawrence

Gloria Nielsen
Science Branch, Gulf Region
Department of Fisheries and Oceans
Moncton, N.B.

2.4.6.1 Historical Index of Abundance

For the gillnet herring fishery in the southern Gulf of St. Lawrence, the index of abundance that has been used in the assessment process since 1981 is catch per net. This is composed of two parts: catch per trip from the purchase slip information, and the number of nets per trip from surveys of gillnetters. One set per trip is assumed; one trip per day is assumed; and only information for those gillnetters selling at least 50% of their catch to processors is included. In addition, the index for the fall fishery includes only the Acadian Peninsula, while the spring index includes all of New Brunswick, as well as most of the gillnetters from western Prince Edward Island.

2.4.6.2 History of the Gillnetters Survey

In 1978 and 1979, Bob O'Boyle and Lynn Cleary intensively surveyed the herring gillnetters in the Atlantic provinces to determine background information on the southern Gulf of St. Lawrence fishery. Information was collected both from dockside interviews of gillnetters, and from mailed questionnaires sent to all licenced gillnetters in the three provinces. A total of 174 gillnetters were interviewed, and 888 questionnaires out of 3,339 were returned. Information was collected for the period 1970-1979 and included the spatial and temporal distribution of the fishery; characteristics of the gear used in the fishery; number of days spent fishing, and number of nets used; use of the catch; and some characteristics of the herring population. The historic abundance index for the gillnet fishery was developed from this survey.

In 1982, Cleary again sent questionnaires to all licenced gillnetters in the Atlantic provinces to determine the same kinds of information for the period 1980 to 1982, concentrating on the distribution and intensity of fishing effort. More than 3,600 interviews were sent out, and 1,055 completed forms were returned. The data were summarized using different areal breakdowns of the information, making direct comparisons of this survey with the previous one difficult.

Martin Ahrens, in 1983, surveyed 162 gillnetters for information about the sizes of mesh used in the fishery and the distribution of these mesh sizes. From information of this survey, and informal discussions with the gillnetters over the next couple of years, he determined that the distribution of mesh sizes and the number of nets fished did not vary significantly in the period 1982 to 1985.

In 1985, however, the herring gillnetters in the 4I area asserted that the number of nets they fished had changed from that in the early 1980's, and that the constant effort that we were using for assessment purposes caused a serious underestimation of the herring population sizes. The Marine Finfish Division, therefore, designed a survey to test this out.

There were several objectives of the survey:

1. Determine the distribution and intensity of fishing effort for herring during 1983 to 1985.
2. Determine, for 1985, the sizes and distribution of mesh used.
3. Calculate the percentage of herring catch that was accounted for by purchase slips in 1985.

A systematic random sample of active licensed herring gillnetters from the Maritime provinces plus Quebec was chosen, and these gillnetters were interviewed in person. In total, 310 gillnetters were interviewed. The results were summarized by the eight areas which had been identified as "major" fishing areas (Figure 1), and then combined to produce an overall picture for 4I. The summary areas did not correspond to any used in previous surveys, making comparisons difficult. The data were recombined, however, to update the historical abundance index. This did in fact verify the assertions of less effort in recent years.

2.4.6.3 The 1986 Gillnetters Survey

A survey similar to that in 1985 was carried out in 1986, with a few modifications: the interviews were held by telephone; nobody from the Magdalen Islands was interviewed; and the sample was chosen in a somewhat different manner. The general objectives of the survey were the same as those in 1985, with information being collected only for the 1986 fishing season.

To choose an unbiased representative sample of all gillnetters fishing for herring in the southern gulf, we first compiled a list of all the licensed gillnetters. There were four times as many licensed gillnetters as there were fishermen who actually fished in 1986 (Table 1), so, for the Maritime provinces, we got a list of the CFV numbers of all the boats for which purchase slips had been submitted. This list, which was sorted by home port, was used to choose a systematic random sample of more than 400 gillnetters. The CFV numbers were cross-referenced with the list of licensed gillnetters to get the telephone numbers and addresses of the selected sample. For Quebec, we chose a random sample from the list of licensed gillnetters. In total, 342 interviews from gillnetters actively fishing in 1986 were completed. The summary of the sample size by area is shown in Table 2.

2.4.6.4 Results of the 1986 Survey

Comparisons of the fishing effort for 1984-1986 are shown in Figures 2 to 7. Since 1984, the number of nets fished in the spring fishery has increased in Escuminac and southeast New Brunswick, and decreased in Quebec and west P.E.I. In the fall fishery, the number of nets fished has decreased in Nova Scotia and all of P.E.I. The number of days fished has generally decreased in the spring fishery except in southeast New Brunswick and west P.E.I. The number of days fished in the peak of the fishery in the fall has generally decreased, but the number of days in the non-peak has not shown a trend since 1984.

Three indices of effort were calculated and compared to those from the 1985 survey:

1. The average number of net-hauls per gillnetter.
2. The average number of net-hauls per trip.
3. The average number of net-hauls in each fishing area.

In the spring fishery, the three indices are consistent for the Acadian Peninsula, southeast New Brunswick, Nova Scotia, and west P.E.I. for the three year period (Fig. 6). In Quebec, Escuminac, and east P.E.I., the indices do not show similar trends. An overall Gulf index for the spring fishery does not show a clear trend. (Quebec is not included in the overall Gulf index).

In the fall fishery, east and west P.E.I. are the only areas with internal consistency in the three effort indices (Fig. 7). But again, the number of net-hauls per gillnetter and the number of net-hauls per trip generally show the same trends by area. The overall Gulf indices do not show a clear trend.

The historic abundance index shown in Figure 8 shows no change in either the spring or the fall since 1984.

Questions about the percentage of the catch kept for personal use, sold to processors, or dumped, reveal significant differences from 1985. In the spring, a higher proportion of the catch was sold to processors in the New Brunswick fishing areas. In the fall, much more of the catch was sold throughout the Gulf of St. Lawrence, and the high "kept" percentages in Escuminac and west P.E.I. decreased from 1985 to 1986. (See Figures 9 and 10).

Table 3 summarizes the mesh size composition of the fisheries. Most nets used in the spring had a mesh size between 2.25 and 2.50 inches, with perhaps a higher percentage of 2.63, and 2.75 inches in 1986. There is a large number of mesh sizes used in the spring fishery. In the fall, fewer mesh sizes are used, and they are generally larger than in the spring, with most of the nets having a mesh size between 2.38 and 2.75 inches.

2.4.6.5 Questions and Comments

Comment:

There was confusion over what is peak and non-peak fishing periods during 1985 the interviews.

Comment:

Some fishermen don't wish to be interviewed any more; do we return results of survey to fishermen?

Comment:

Catch rate information requires information on number of nets per trip, number of trips and total catch. The telephone interview gathers information on the number of nets per trip.

Comment:

Gillnet abundance index should be reviewed by industry before it is used in the assessment.

Comment:

Is there an attempt to separate fishermen with daily boat quotas from other fishermen?

Comment:

Fleets are reducing their holding capacity, by how much is this taken into account?

Comment:

Was the 1985 survey reliable, because fishermen were aware that these responses would affect the abundance index.

Comment:

Fishermen were advised in southeastern Nova Scotia to under-report the number of nets to try and artificially increase the gillnet catch rate.

Comment:

Number of net hauls affects the catch rate: two nets hauled four times will catch more than six nets hauled once.

Comment:

How do interceptory fisheries affect catch rates? If abundance index doesn't fall along the migration route does this indicate that only a small proportion of the stock is being fished?

Comment:

What does industry think that the catch rate would be? Could the fishermen develop their own historical catch rate indices?

Comment:

It appears that during 1982 and 1983 CAFSAC underestimated the population and therefore there was a loss of potential yield. Therefore it is important that our catch rate indices are correct.

Table 1. Summary of the 1986 telephone survey.

AREA	# LICENCES	# CFVN'S
Que	1224	
Ac Pen	623	301
Esc	331	158
SeNB	264	112
NS	436	116
E PEI	383	86
W PEI	484	114
TOTAL	3745	887

Table 1. The number of herring gillnetters in each fishing area in 1986

AREA	NUMBER OF NAMES	NUMBER OF REPORTS	PHONE, ADDRESS PROBLEMS	UNABLE TO CONTACT	UNCO-OP- ATIVE	NOT FISHING
QUE	51	21	6	16	1	7
Ac PEN	129	111	15	1	1	1
ESC	67	57	8	1	1	0
SeNB	49	33	9	4	2	1
NS	51	38	9	1	2	1
E PEI	37	28	4	4	0	1
W PEI	71	54	5	9	1	2
TOTAL	455	342	56	36	8	13

Table 2: Percentage of each mesh size used in the 4T herring gillnet fishery.

1985 SPRING

Area	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que	7.8	5.8		48.9		6.0	9.5	11.0	6.3	1.0	3.5
A Pen	3.3			14.7		40.6	26.5	13.7	1.2		
Esc		0.6		72.1		17.5	9.8				
SeNB				89.3		6.9	3.7				
NS	2.6			5.1		21.7	48.0	22.6			
E PEI				15.2		46.2	21.7	7.1	4.9	3.9	
W PEI	0.3			55.2	4.2	23.4	10.1	1.1	4.0	1.0	

1986 SPRING

Area	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que		4.0		25.0		2.6	21.0	36.8	9.2		1.3
A Pen				10.0	1.8	33.8	37.0	12.0	2.7	2.7	
Esc	3.0	0.8	3.3	77.8	4.9	5.7	3.6	2.3	2.0		
SeNB		1.0		85.8		7.0			3.0		
NS				10.0		28.0	32.0	30.0			
E PEI				66.7		4.2	4.2	16.7		8.3	
W PEI	5.9	6.2	2.7	50.2	4.2	17.5		3.9	1.2	8.2	0.2

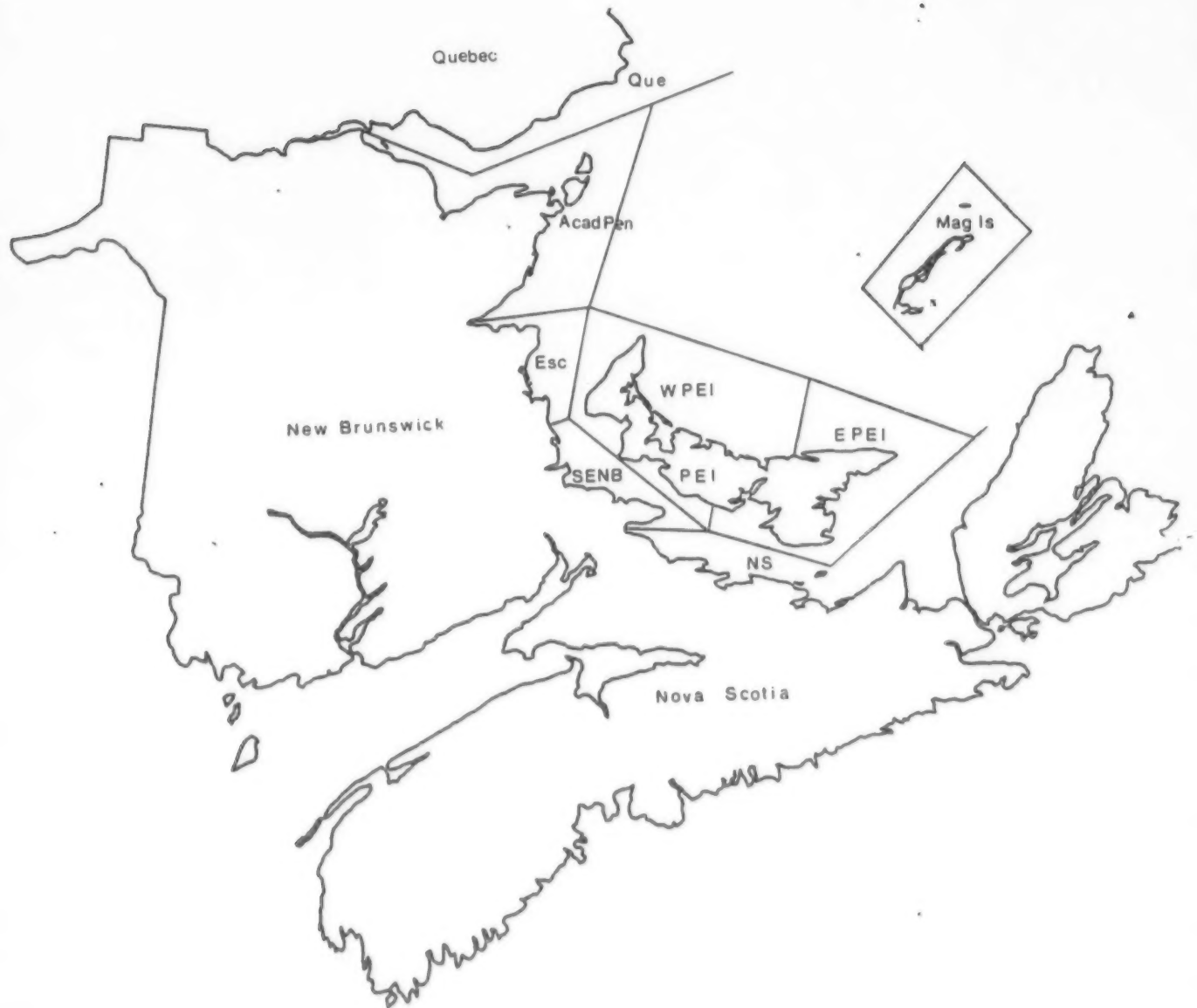
1985 FALL

Area	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que	10.4	6.0		0.5		5.1	18.8	18.5	27.3	5.1	8.1
A Pen							1.0	79.7	16.6	2.5	0.3
Esc									100.0		
SeNB											
NS						2.5	3.7	93.8			
E PEI								98.6	1.4		
W PEI				3.3	0.9	3.7	2.7	40.1	30.1	19.2	

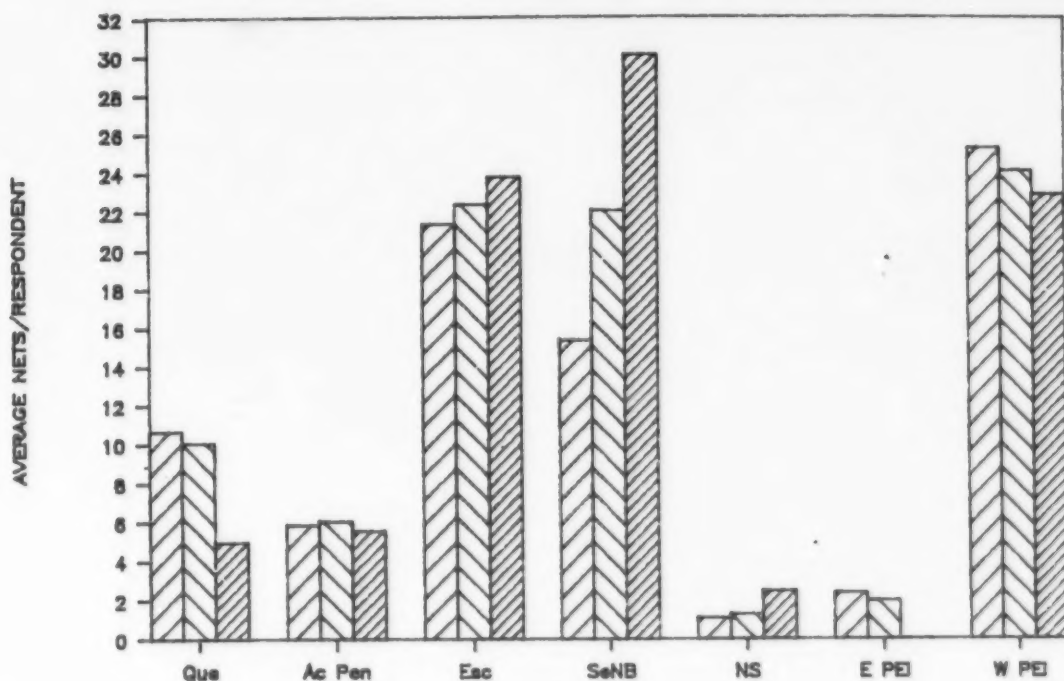
1986 FALL

Area	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que				3.6		3.6	27.3	65.5			
A Pen	0.4					1.0		73.4	13.7	8.2	3.3
Esc								85.7	7.1	7.1	
SeNB											
NS						3.6	8.9	83.5	3.2	0.8	
E PEI	13.2						1.9	85.1			
W PEI						4.0	43.0	40.0		13.0	

Fig. 1: Geographic Division of the Southern Gulf of St. Lawrence used in the 1985 Herring Gillnet Survey.



NETS FISHED DURING THE PEAK PERIOD



NETS FISHED DURING THE NON-PEAK PERIOD

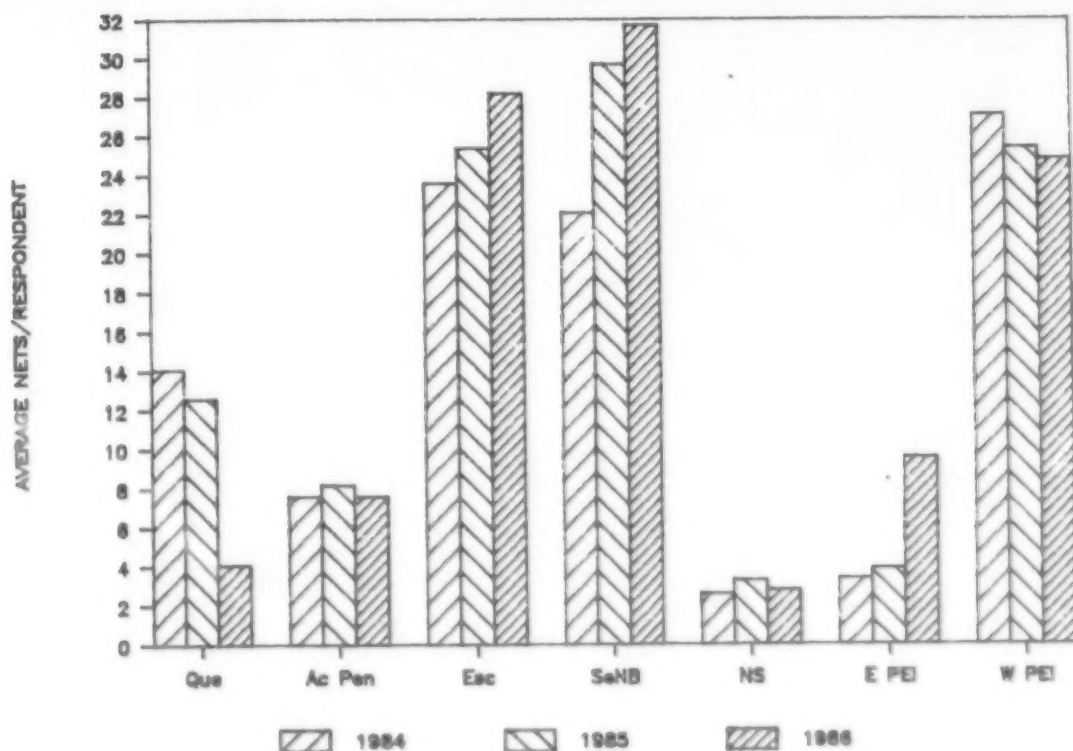
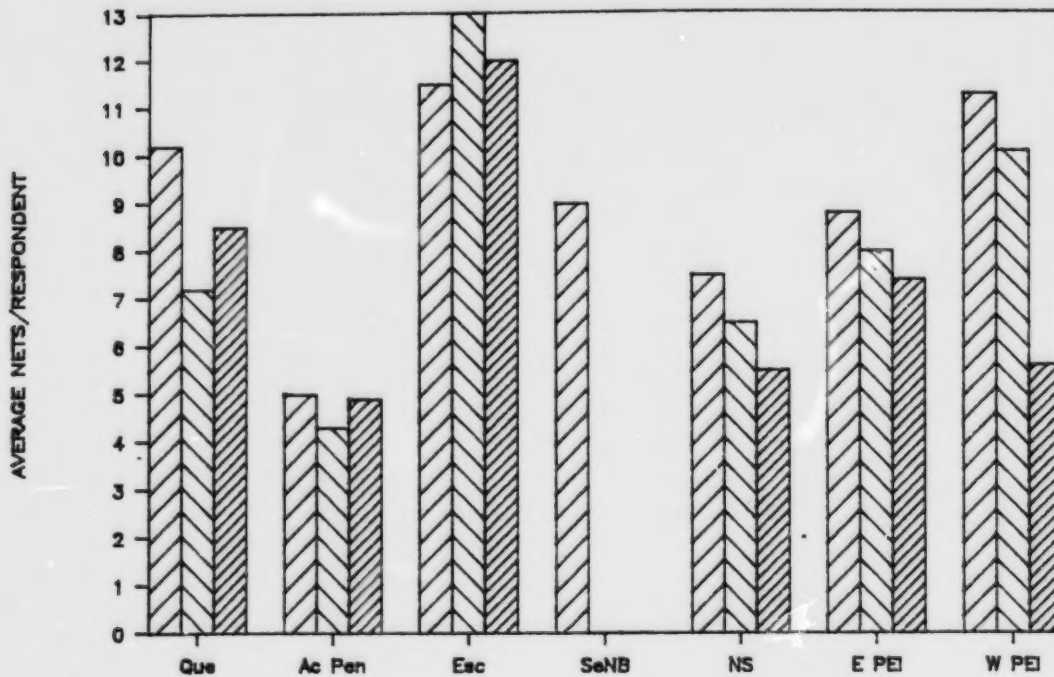


Figure 2. Average Number of Nets Fished in the 4T Spring Gillnet Fishery

NETS FISHED DURING THE PEAK PERIOD



NETS FISHED DURING THE NON-PEAK PERIOD

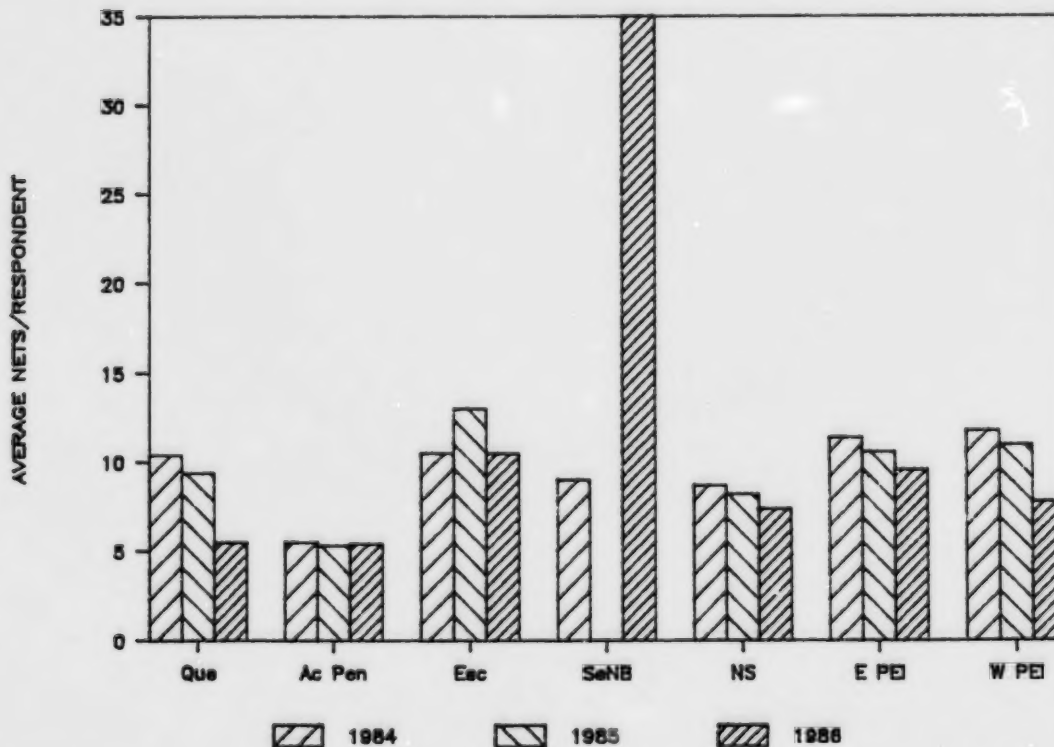
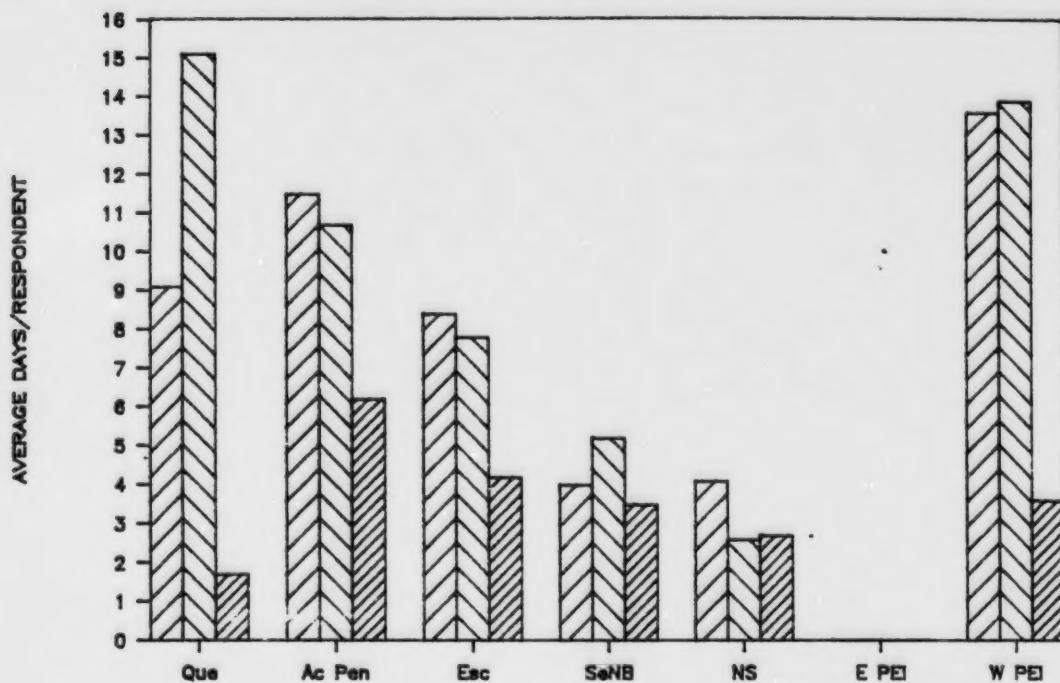


Figure 3. Average Number of Nets Fished in the 4T Fall Gillnet Fishery

DAYS FISHING DURING THE PEAK PERIOD



DAYS FISHING DURING THE NON-PEAK PERIOD

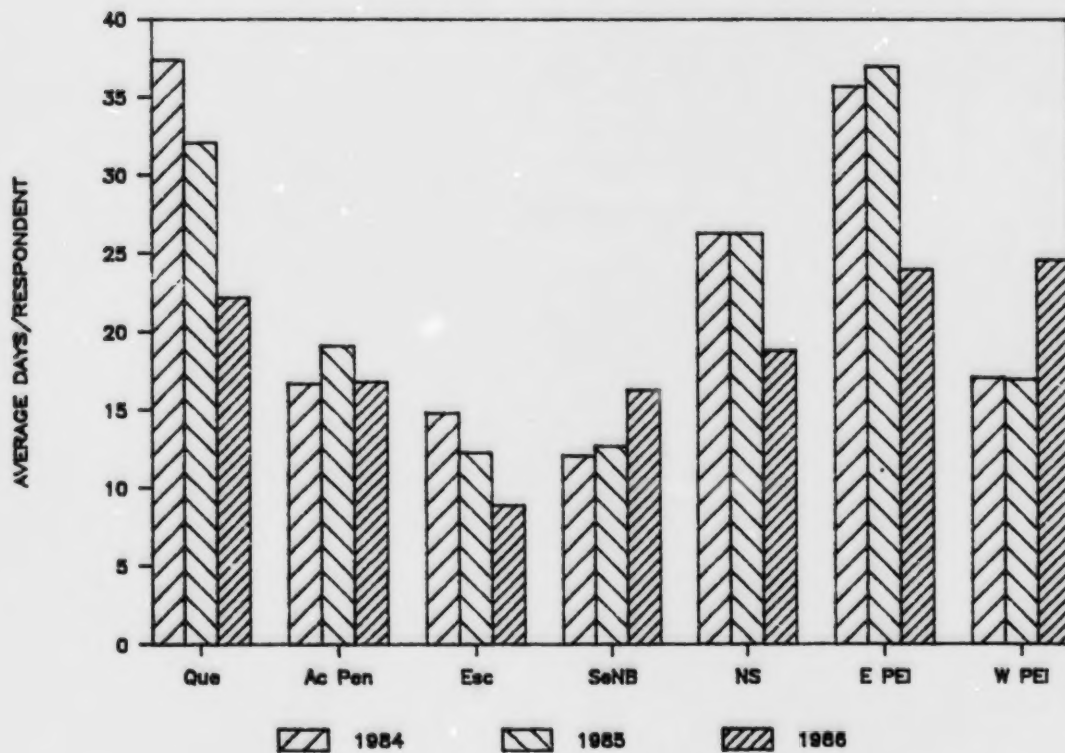
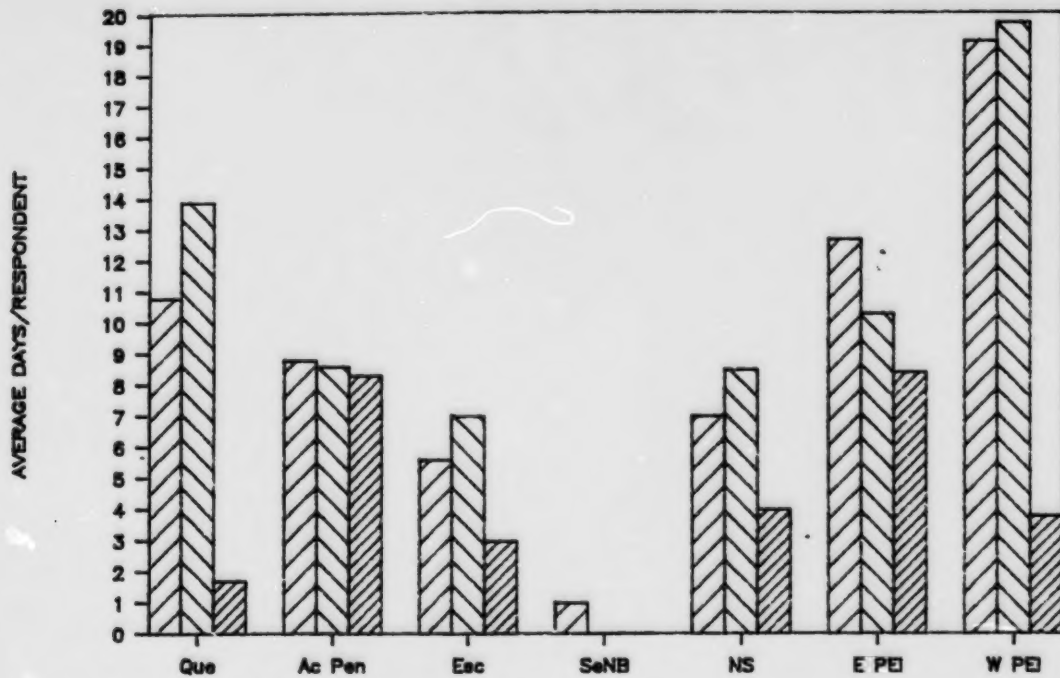


Figure 4. Average Number of Days Fished in the 4T Spring Gillnet Fishery

DAYS FISHING DURING THE PEAK PERIOD



DAYS FISHING DURING THE NON-PEAK PERIOD

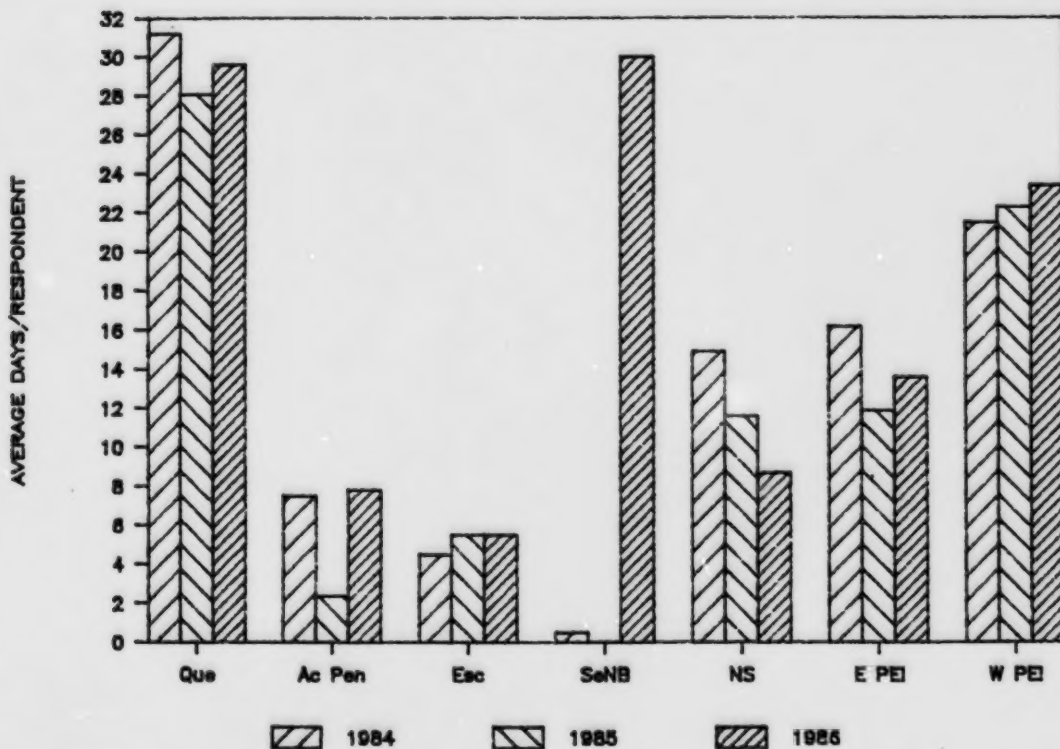
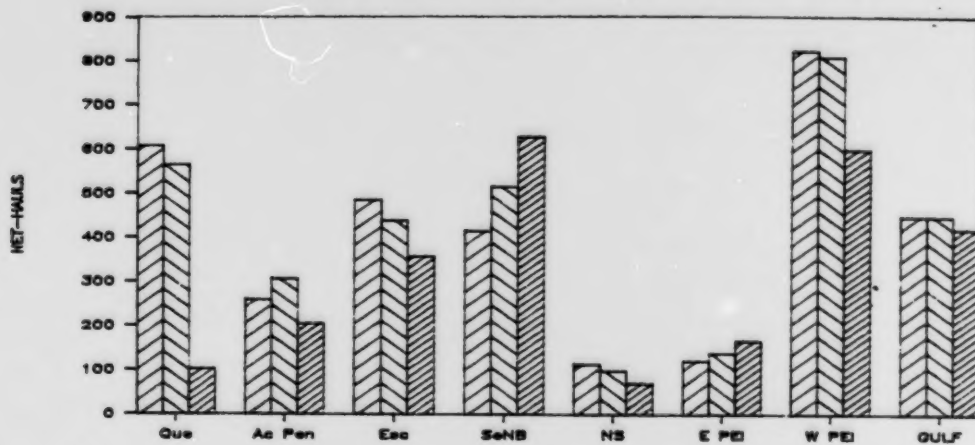
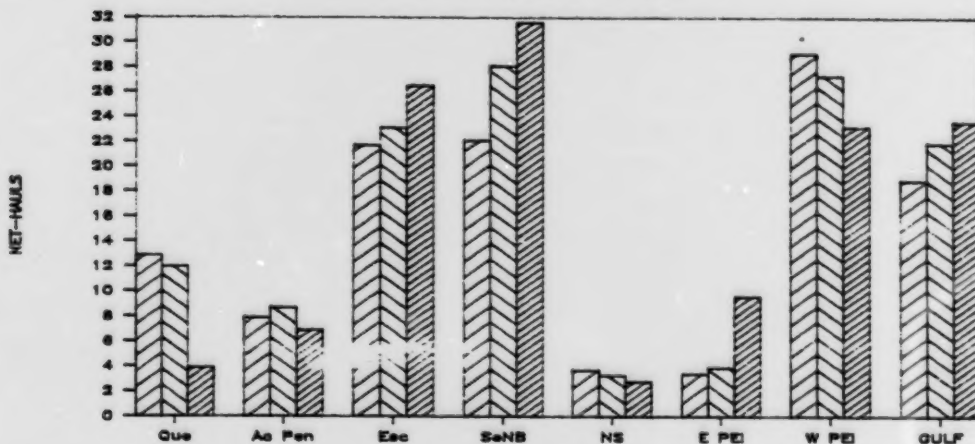


Figure 5. Average Number of Days Fished in the 4T Fall Gillnet Fishery

NET-HAULS/GILLNETTER



NET-HAULS/TRIP



TOTAL # NET-HAULS

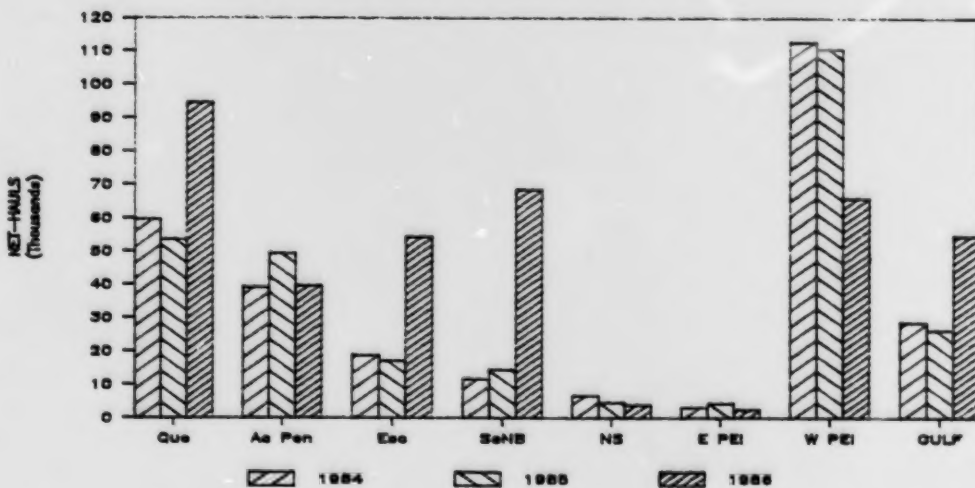
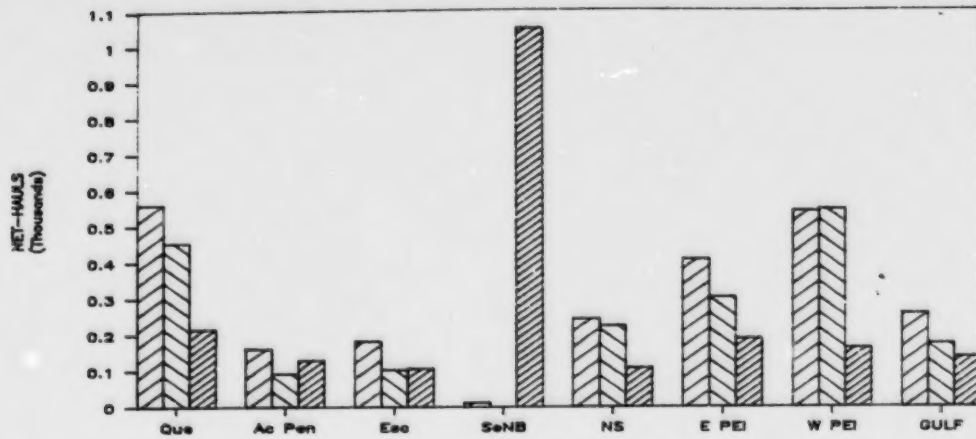
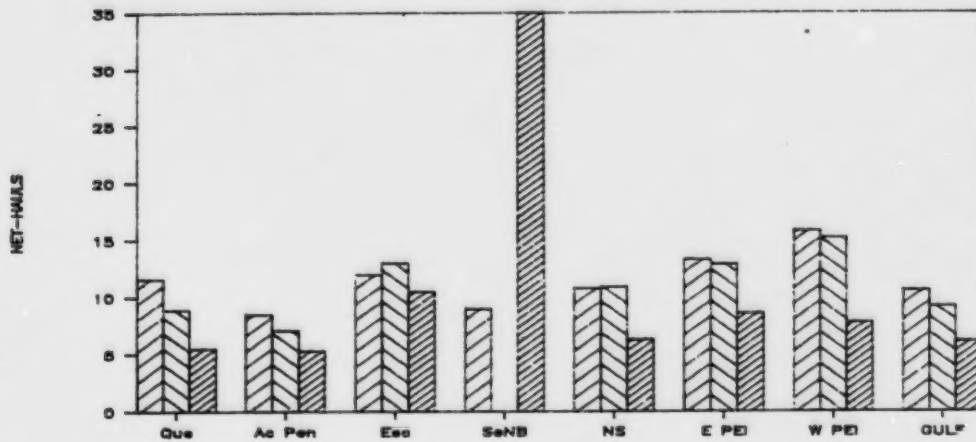


Figure 6. Derived Effort Indices for the 4T Spring Gillnet Fishery

NET-HAULS/GILLNETTER



NET-HAULS/TRIP



TOTAL # NET-HAULS

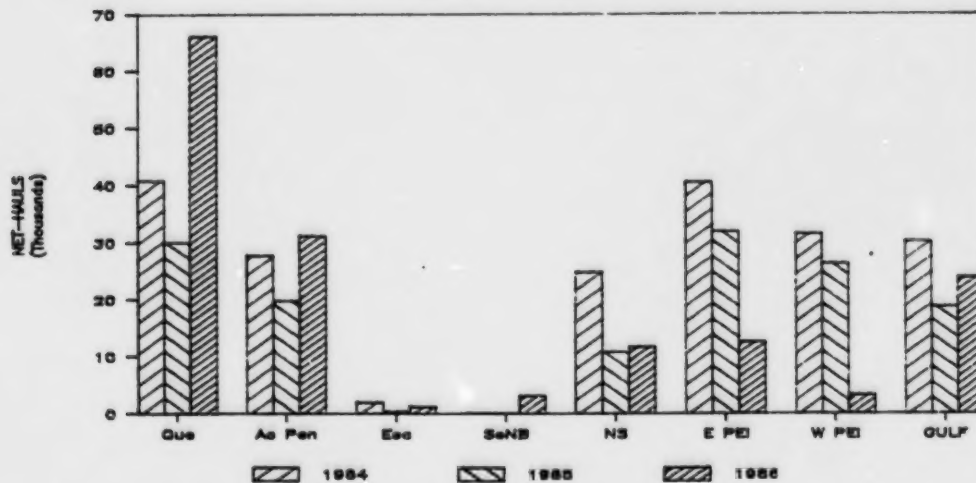


Figure 7. Derived Effort Indices for the 4T Fall Gillnet Fishery

NUMBER OF NETS FISHED PER TRIP

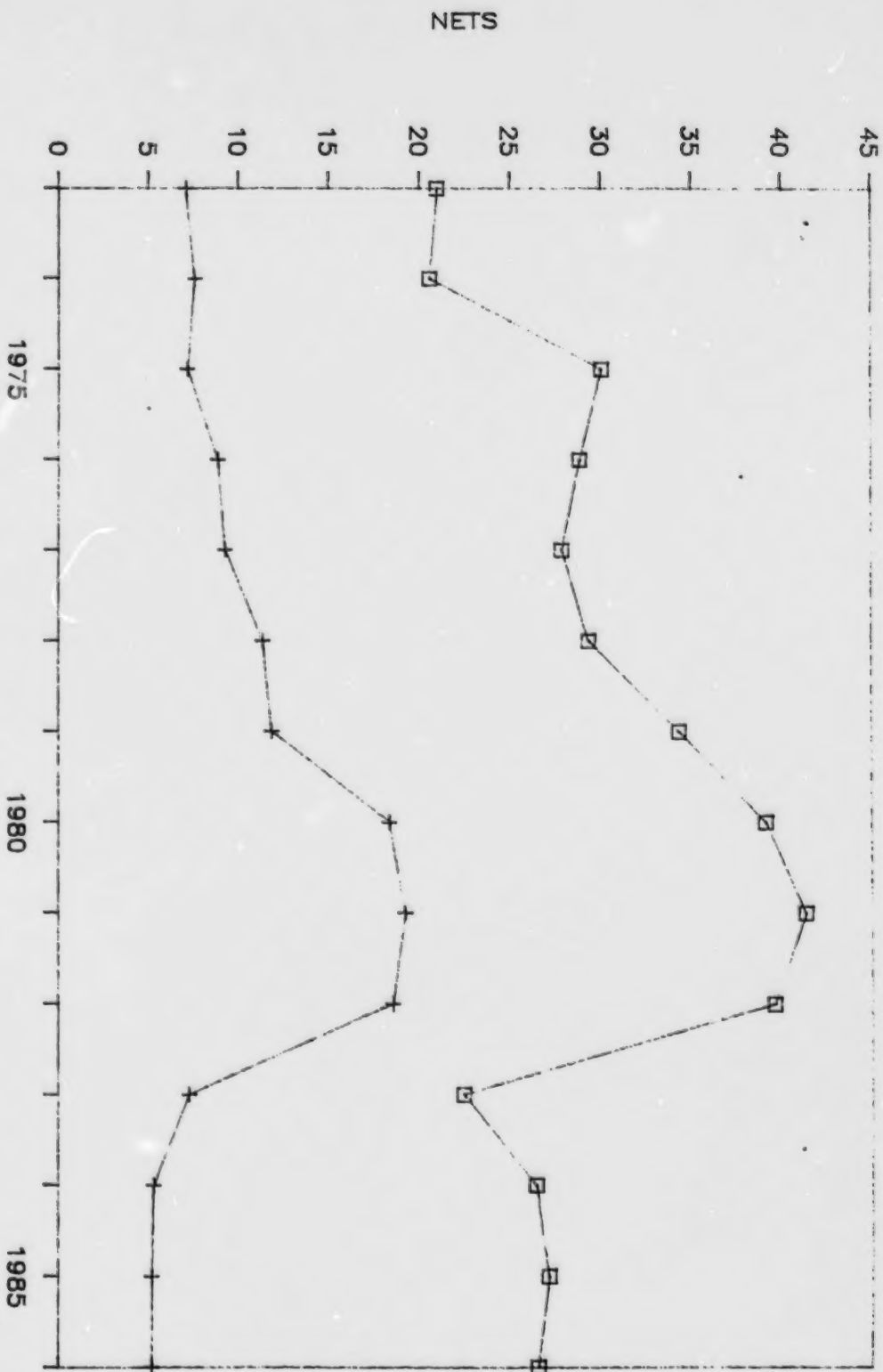
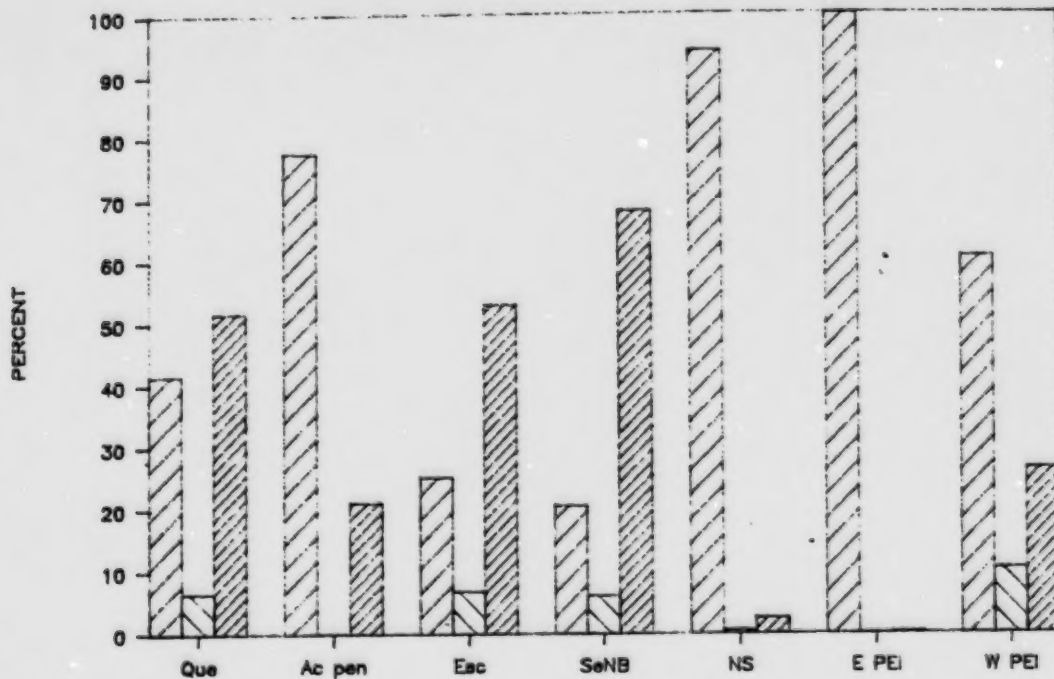


Figure 8. 4T Herring Historical Effort Index

□ SPRING
+ FALL

1985 SPRING CATCH



1986 SPRING CATCH

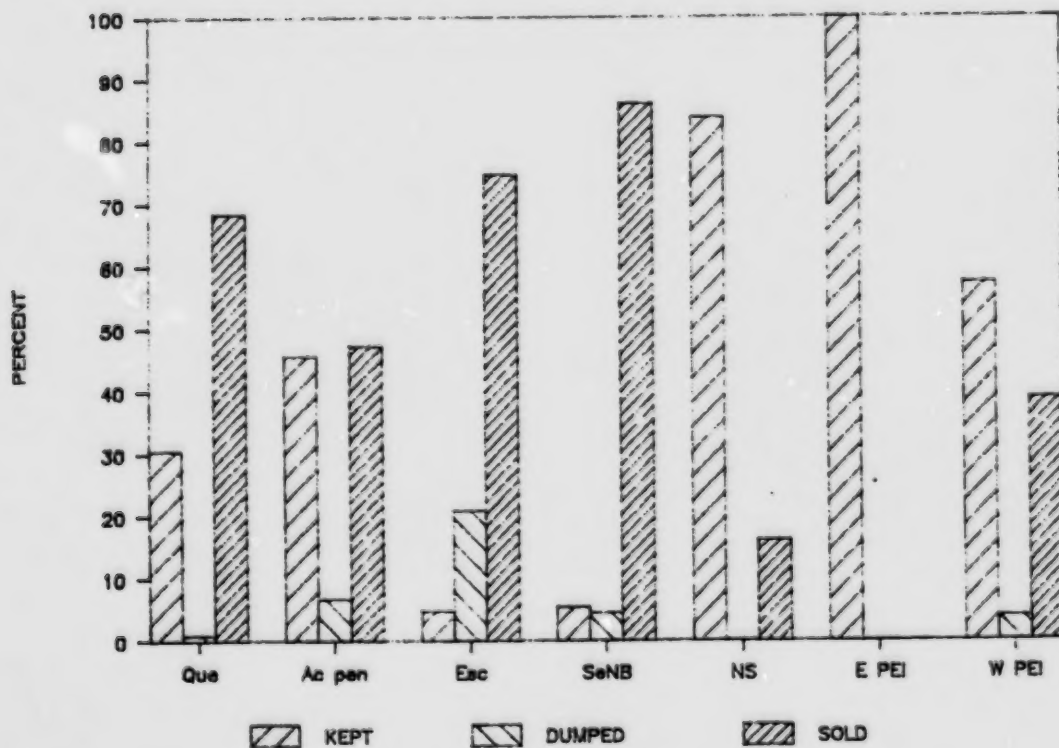
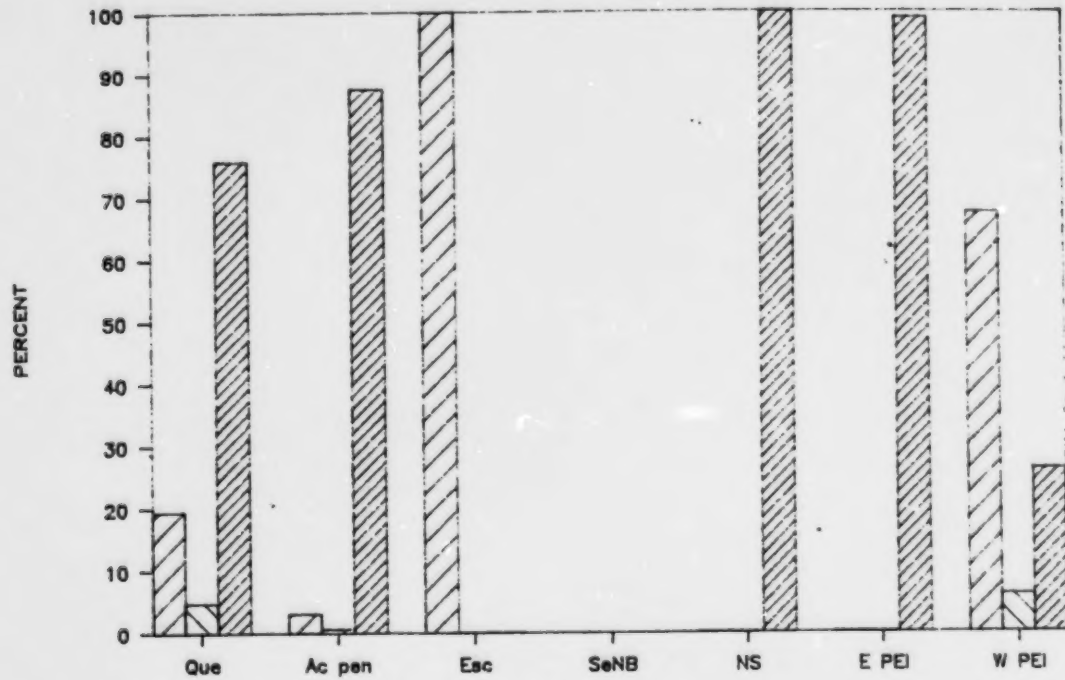


Figure 9. Disposition of the 4T Herring Spring Catch

1985 FALL CATCH



1986 FALL CATCH

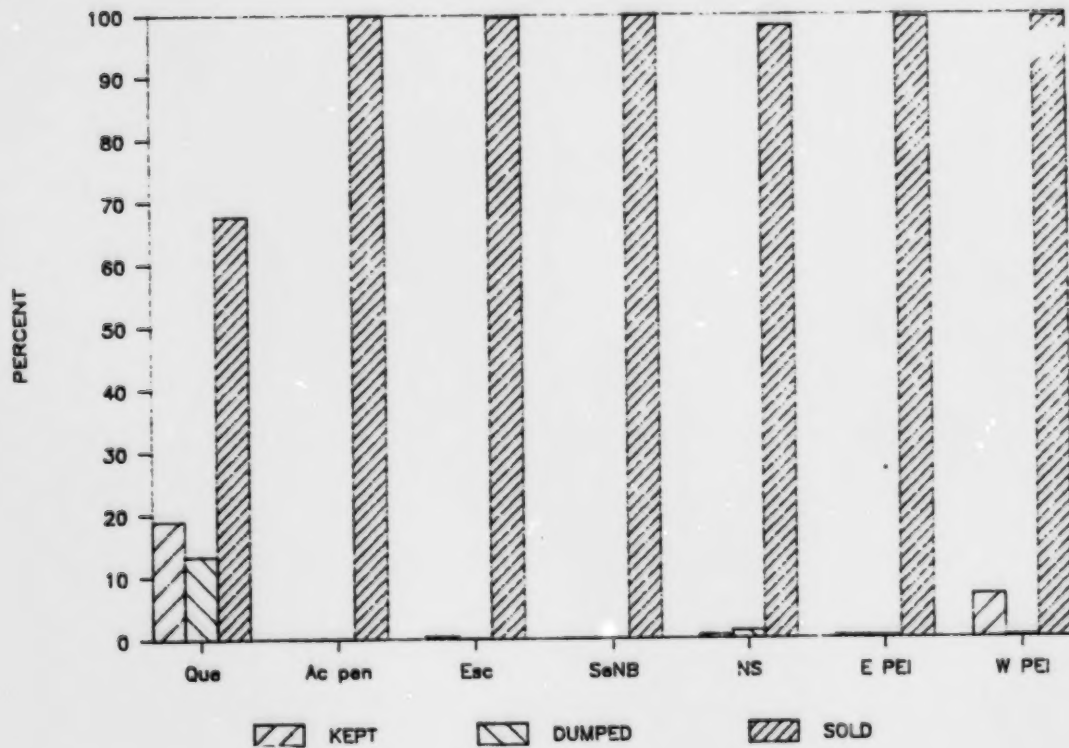


Figure 10. Disposition of the 4T Herring Fall Catch

2.5 VIRTUAL POPULATION ANALYSIS

Robert O'Boyle
Science Branch, Scotia-Fundy Region
Bedford Institute of Oceanography
Dartmouth, N.S.

Virtual Population Analysis or VPA for short is a mathematical technique which uses catch data and abundance indices to determine population numbers for each year of a fishery. In fact, VPA is a special form of Sequential Population Analysis (SPA) of which the commonly used Cohort Analysis (CA), which is closely related to VPA, is also a member.

These techniques rely heavily upon the fishery data to determine population size. In essence, the fishery is considered a very large "sampling" tool. The landed catch is assumed to be a fraction of the total population. The analysis attempts to discover just what the size of that fraction is and consequently allow estimation of total population size.

An overview of the stock assessment process (Figure 1) shows how central VPA is to population size and thus quota estimation. Input data such as catch and abundance indices are compiled by VPA to generate a set of population numbers at age for each year of the fishery. The most current numbers are then used to project next year's catch at a chosen effort level, such as $F_{0.1}$.

This chapter reviews the fundamentals of VPA, from the input data to the calibration of VPA.

2.5.1 The Input Data

VPA requires two sets of input data. Both have been discussed more fully in previous chapters but will be quickly reviewed here. A long time series of an abundance index is an essential requirement of VPA. Catch rates, be they research survey or commercial, are considered to be an index of abundance. In other words, when the stock increases in numbers so too do the catch rates; when abundance falls, again so too do the catch rates. Given a catch rate and a constant of proportionality, commonly referred to as q , the catchability, one can calculate the corresponding abundance. The main assumption is that q does not change over the data series. As was discussed in earlier chapters, the abundance index data sets have to be carefully analysed to meet this assumption. It is preferable if these indices describe abundance trends separately by age group.

The second major data set is the catch numbers at age. This describes the annual catch of fish in a stock broken down across the age groups or year classes. By putting the data for all years together in one table, one can follow the progression of a year class through the history of a

fishery. For instance, the exploitation history of the 1975 year class is outlined in Figure 2. In 1979, 3,056 individuals of this year class or cohort were caught. In 1980, the catch was 1,406. By 1985, the numbers of this cohort that had been caught was reduced to 31.

The construction of the catch-at-age matrix requires the careful combination of the catch statistics, collected by the purchase slips/log book system, and the sampling data. Indeed a significant part of the assessment process is the decision making in conducting this phase of the analysis. Once the input data is available, one is then ready to conduct a VPA.

2.5.2 Some Fundamentals of VPA

Although VPA involves calculating the strength of all year classes simultaneously in a fishery, the computations are in fact conducted independently for each year class. Thus, the best way to describe VPA is to consider the calculations as they relate to one year class in isolation of the others. This is equivalent to extracting only the 1975 data from the table presented in Figure 2.

Let's consider the fate of 1,000 hypothetical fish that enter a population. In addition, for illustrative purposes only, let us consider that the only way that these fish can die is by being caught by the fishing fleets. Thus, if fishing effort is nonexistent or low, these fish would be able to live a very, very long time. Needless to say, this does not occur but the assumption will not dramatically affect the description of the overall philosophy behind VPA.

As a further assumption, let us assume that the "availability" of the year class to the fleet changes with age. In our example, at age one, availability is 0 while at age 2 it is only 1 percent. At age three, this increases to 20%. In other words, only 20 of 100 fish are accessible to fishing - not caught but accessible. How many are actually caught depends on the combination of availability and fishing effort. By age 5, all fish in the cohort are available to fishing activity. The availability at age is more commonly referred to as the partial recruitment. Its determination is a very critical step in the VPA process. Due to the complexity of the calculations, it will not be fully discussed in this document.

We will assume that four out of every 10 fully available fish (ages 5-10) or 40% are caught by fishing activity.

The results of these assumptions are shown in Figure 3. Since no or almost no fish at ages 1 and 2 are available and there is no natural mortality, virtually all 1,000 fish survive to age 3. At this age, catch starts to increase and the population starts to fall. With increasing availability and fishing effort, this trend continues so that by age 5 the maximum catch is recorded. Now because the population abundance is still dropping, catch subsequent to age 5 drops off and is very small indeed by age 10.

What can this catch tell us about the size of the population? Since there is no natural mortality in this hypothetical population, then the catch itself will, given enough years, tell us how many fish were in the ocean. If for instance, all the fish were caught in three years, then all one would have to do is to add the catch of the three years together to determine what the population size was. In our hypothetical population, the catch occurs over a 10 year period. In the first year, 0 fish were caught so we have no estimate of population size. At age 2, five fish were caught, so that we know that at least 5 existed in the population. At age 3, 97 fish were caught. thus this number plus those that were caught at age 5, or 102, is now our estimate of initial population size. At age 4, 237 fish were caught so that we know that at least this many exist at this age. Now, the year before 97 age 3 were caught. We know that the 237 that we caught this year existed last year (common sense) so that our estimate of the number of age 3 fish that existed is now $237 + 97 = 334$. This logic applied to age 2 fish gives $334 + 5 = 339$. As one can see, as catch is accumulated, the age-specific estimates of population size slowly approach the truth (Figures 4 and 5).

This property of VPA is called "Convergence" and is fundamental to the analysis success. Basically, the more one catches of a population, the better will be the estimate of its size.

Assuming that natural mortality is greater than zero does not qualitatively change this picture. If it is assumed constant across all age groups, only the height of the bars in Figure 5 is increased. In essence, the catch is adjusted upward to compensate for natural mortality before it is accumulated back along the cohort.

So far we have restricted our discussion to just one cohort. VPA is conducted simultaneously for a number in parallel. How it does this is now described.

2.5.3 How Does a VPA Work?

The catch at age, as discussed above, is one of the key inputs to VPA. It is a table of numbers describing the catch of fish at each age in each year of the fishery. Suppose in our hypothetical fishery that the catch in each year was identical. Then Figure 6 would result. Figure 7 presents the population size estimates using the accumulation technique described in the previous section. Note that this accumulation goes up a cohort and thus up a diagonal rather than along a row or column. A comparison of this table with the true numbers provided in Figure 2 will show clearly the property of convergence.

Now it is also evident that the population estimates in the most recent year, 1986, are the most inaccurate. Indeed, all the numbers delimited by the triangle indicated on Figure 7 are significantly below the true values. Catch projections are conducted using the most recent numbers. Thus, without other sources of information, this particular VPA is not much good in providing reliable current year population size estimates suitable for projection. These are provided through the process of calibration.

2.5.4 Calibration

Calibration is the process whereby relationships between independently derived abundance indices and historical VPA population numbers are used to obtain estimates of numbers in the most recent year of the analysis. It thus matches the VPA data from the converged part of the population table with abundance indices such as survey or commercial catch rates.

This matching is done statistically with a graphical presentation of the two commonest relationships given in Figure 8. Both are widely used in CAFSAC and NAFO. The first is straightforward. The second requires some explanation. The abundance index is really catch divided by effort or C/E . K is the inverse of the catchability, q . Thus, catch rate is the catchability times the mean population size:

$$C/E = q \bar{N} \quad (1)$$

or $C = qE \bar{N}$

Now catch is really the part of the population caught, the size of which is determined by the fishing mortality, F .

$$C = F \bar{N} \quad (2)$$

A quick comparison of equations 1 and 2 will show that the fishing mortality, F , is equal to the catchability, q , times the effort, E .

$$F = qE \quad (3)$$

This is the second relationship shown in Figure 8. Why go through all these calculations? Sometimes only effort data is available from a fishery in which case this relationship is used.

Here is how these relationships are used in VPA. A VPA is run using "guestimates" of the population size in the most recent year. Through the convergence process these are adjusted to better reflect historical population size. A converged part of the population table is identified (by a process not discussed here) and is used to develop the so-called tuning relationships (Figure 8 and 9). Ideally, there should be a relationship for each age in the population. For instance, the one for age 3 is shown in Figure 9. Note that only the 1977 to 1982 data were used to determine the solid line. The 1983-86 points are examined in relation to this line. The 1986 estimate of population numbers is, based on the relationship, too high. There are more fish there than the abundance index is saying there is. Thus the input population number "guestimate" is adjusted down to compensate for this and the VPA rerun. A second age 3 relationship is determined in a like manner to the above and the position of the 1986 point in relation to the historically derived VPA numbers - abundance index line once again examined. This process is repeated until all the 1983-86 points lie close to the historical line.

The above process is conducted for each age of the VPA. Since the relationships are along rows or ages whereas the VPA is conducted along diagonals or cohorts, the age-specific calculations are very interrelated. A great deal of the discussion in CAFSAC and NAFO is devoted to these interrelationships, the influence of spurious data points, the reliability of the abundance index and so on. There are a number of very sophisticated mathematical processes that do the above but all do essentially what is described here - find the optimal relationship between the VPA derived population numbers and the abundance index. No matter what the level of sophistication, all are critically dependent on the reliability of the catch at age and the abundance indices.

2.5.5 Summary

Virtual Population Analysis (VPA) is the main computations vehicle used by CAFSAC and NAFO to calculate the size of the population in the most recent year. It uses catch-at-age data derived from landings statistics and sampling data along with abundance indices based on research survey and commercial fishing activity. The analysis has the property of convergence in which historical population estimates become more accurate as years of catch are added to the data set. This characteristic is used to advantage in that statistical relationships between historical VPA population estimates and abundance indices are developed and used, in a process called calibration, to provide more accurate estimates of population size in the most recent year. It is these that are used as the basis for catch projections for the upcoming year.

2.5.6 Questions and Comments

Sequential population analysis determines the fraction of the total population that is caught.

The input data consists of abundance indices and a catch-at-age matrix. The SPA works on cohorts or year-classes. Estimates of year-class strengths are obtained from the catch information.

Estimates of the current year's population at age is extremely poor for the year-classes for which little information is known. Calibration is the process whereby relationships between abundance indices and historical SPA numbers are used to obtain estimates of numbers in the current year. Success of calibration depends on the reliability of the indices of abundance, and the appropriateness of catch between SPA numbers and indices.

Comment:

The term virtual population analysis used by the person who developed it using a population with complete census; complete catch data are absolutely important for its use.

Catchability is the slope of the line of the relationship between F and effort. We do try to adjust our data to account for any systematic trends in catchability over time. In general we look at catch rates which are adjusted for differences between fishing components.

Fishing power changes can be separate from catchability. Example - in the purse seine fishery catch rates can remain very high until the end of the fishery. For this reason, we do not use purse seine catch rates for assessments.

Question:

Don't get a very good feeling for the year-class strength until it is several years old.

Response:

Catch rates broken down by age groups and independent surveys with small mesh gear and acoustic surveys can help to estimate recruitment to the fishery.

Question:

Trend to go to larger mesh sizes because the fish are big. Does this have an affect on our estimation of younger fish.

Response:

Yes.

Fig. 1:

A flowchart of an Analytical Assessment

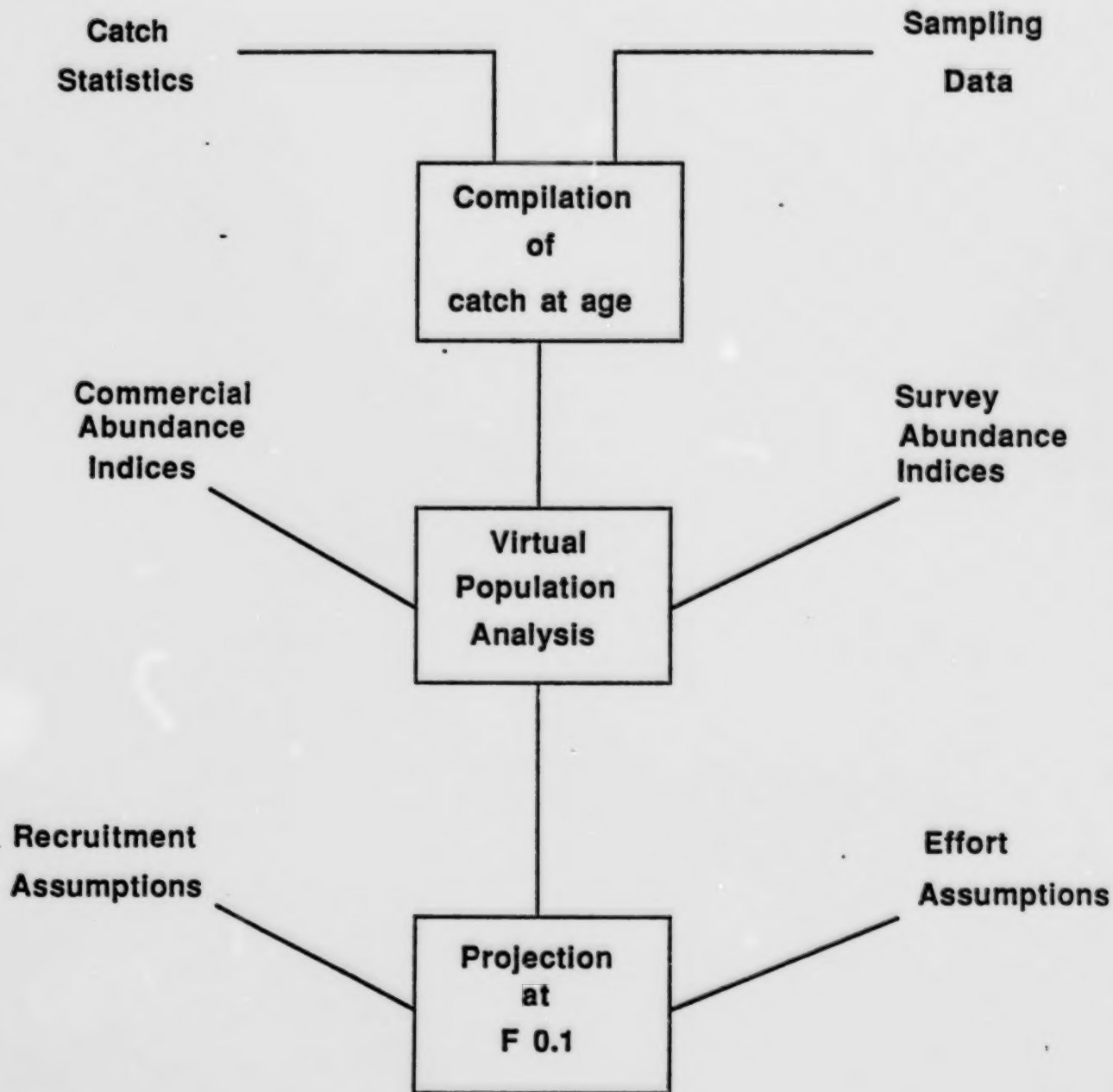


Fig. 2: The catch numbers-at-age table for 4T (spring) herring showing the 1975 year class.

Age	Year						
	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
2	55	541	45	68	1	13	11
3	7667	22219	13031	32597	5160	1877	4565
4	3056	3567	7527	6047	29194	7932	8440
5	20895	1406	1270	1475	3646	11970	9483
6	556	9528	785	326	1019	1195	6487
7	1404	216	3197	177	36	52	1904
8	110	1074	79	332	1	0	396
9	63	104	285	113	1	0	271
10	362	140	38	1	1	0	31
11+	1672	2134	1009	109	1	0	121

1975 year class

Fig. 3: The exploitation path of a hypothetical year class showing the population catch and availability with age.

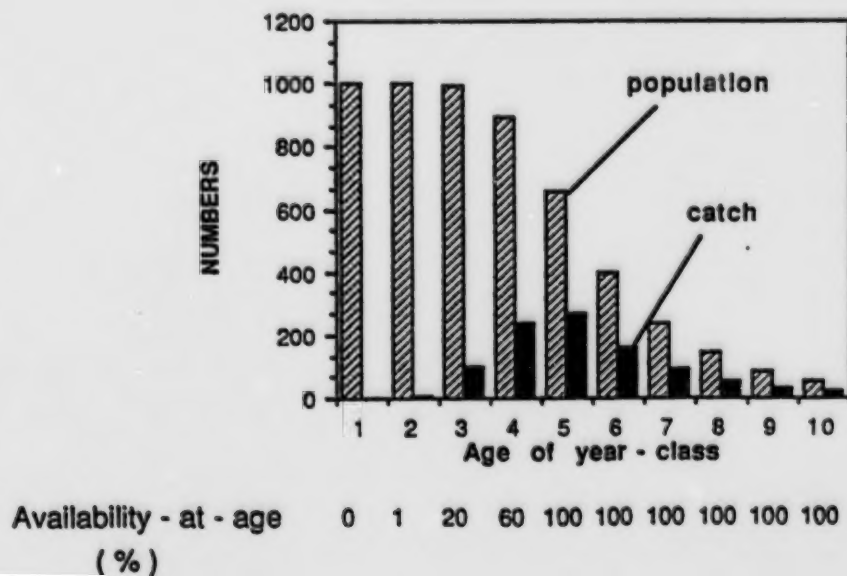


Fig. 4: An illustration of convergence.

[illegible]

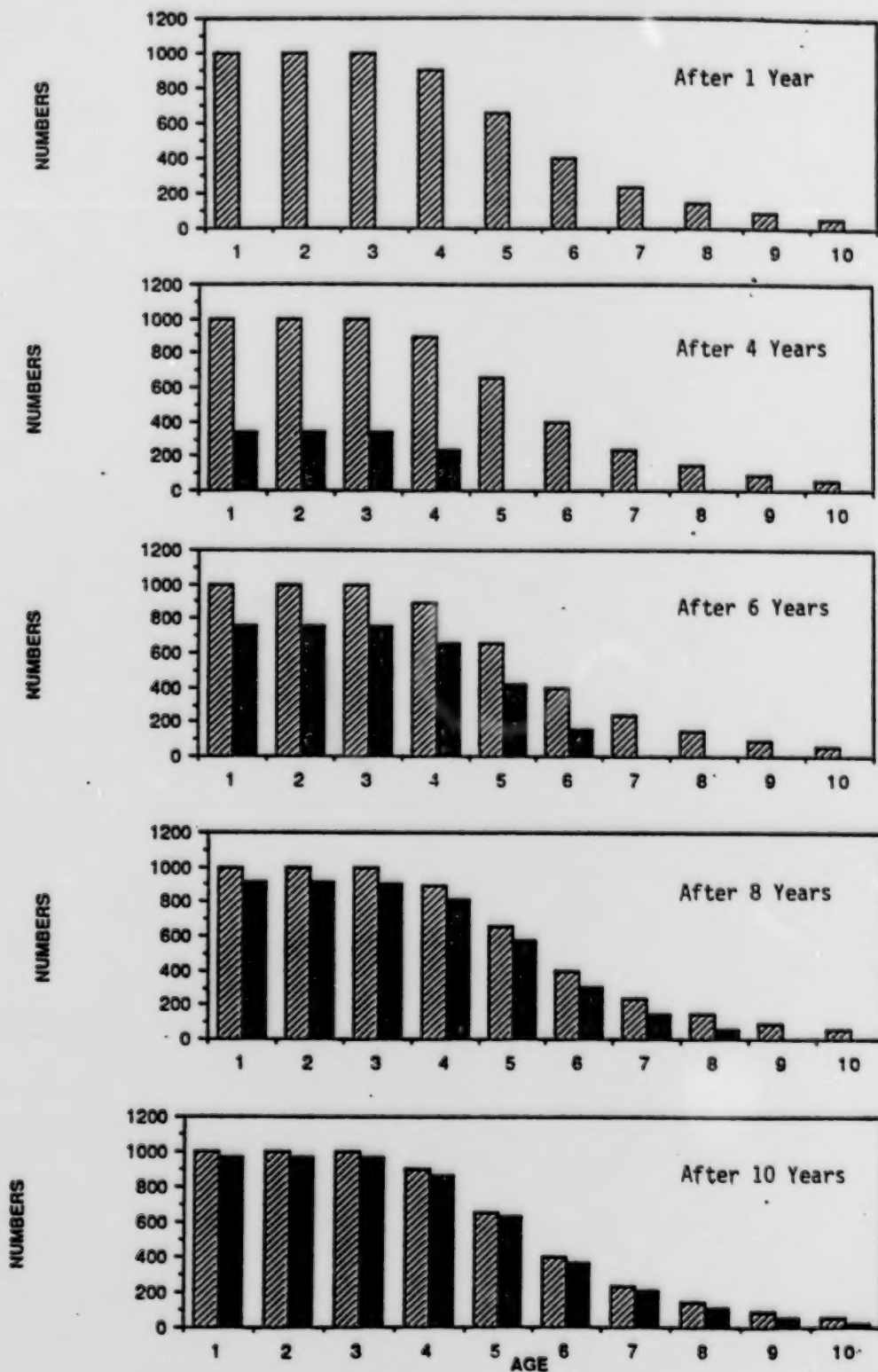


Figure 5. How catch accumulates with increasing years of data.

▨ - True population numbers

■ - Population numbers based on catch

Fig. 8: Two of the commonest forms of tuning relationships used in calibration.

$$\text{SPA numbers} = K * \text{Abundance index}$$



$$\text{Fishing mortality} = \text{catchability} * \text{effort}$$

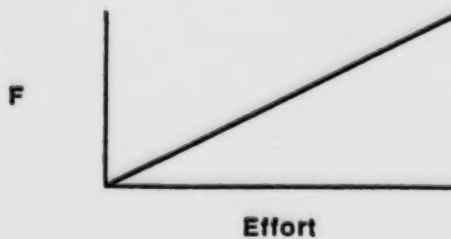
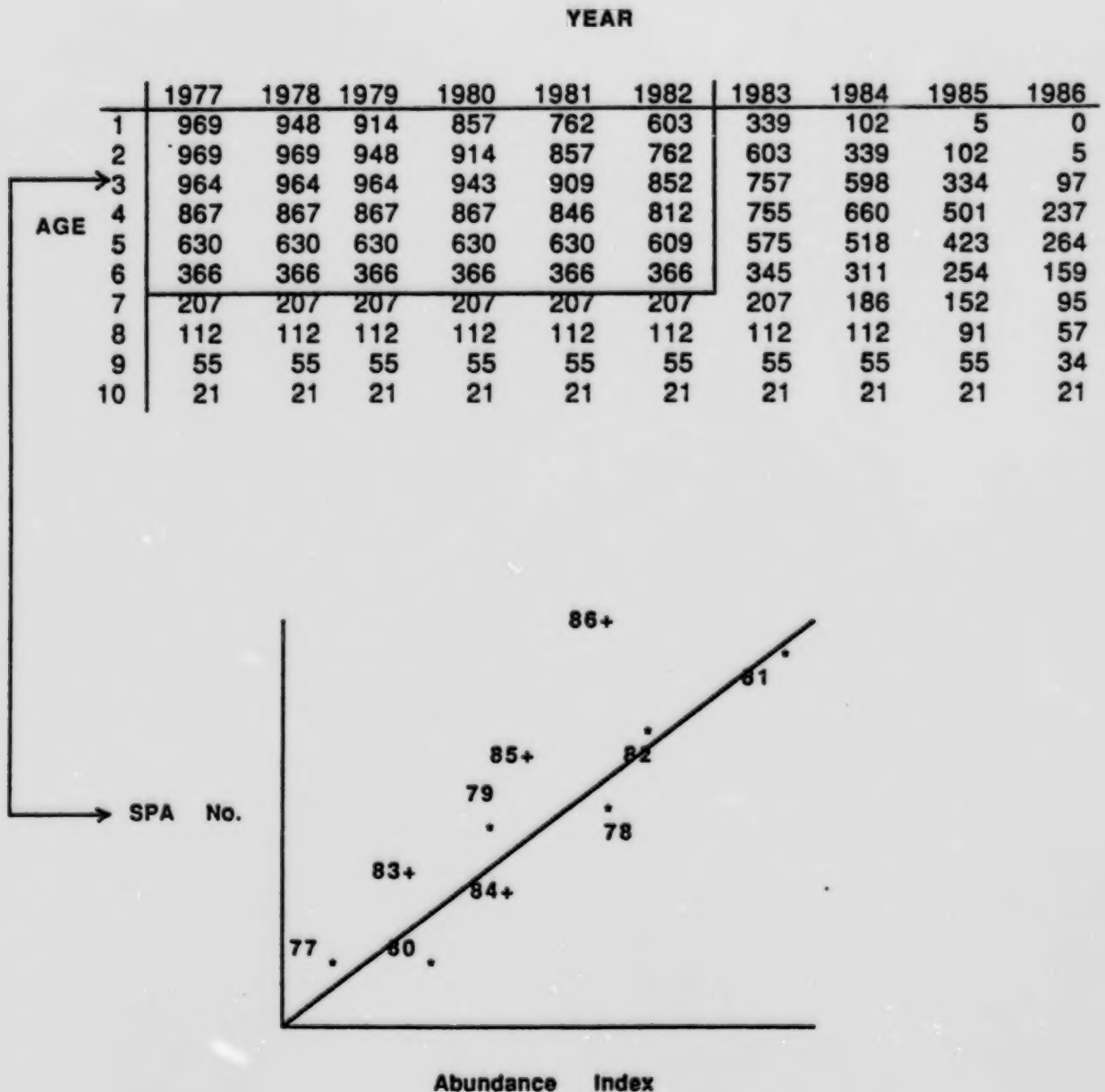


Fig. 9: An illustration of calibration using the VPA or SPA population numbers at age 3 from the hypothetical fishery and an independently-derived abundance index.



3. FORECAST

In this section the current approach to forecasting the abundance of herring stocks in Atlantic Canada is briefly compared to the method used for Pacific Herring.

3.1 FORECAST OF HERRING CATCHES IN GULF OF ST. LAWRENCE

Michael Chadwick
Science Branch, Gulf Region
Fisheries & Oceans
P.O. Box 5030
Moncton, N.B.
Canada E1C 9B6

3.1.1 Objective

The three objectives of a forecast are: 1) to estimate the optimal or best rate of fishing, 2) to estimate the future contribution of age groups currently in the fishery, and 3) to estimate recruitment, or the future contribution of new age groups. Generally, forecasts are made one to two years ahead of the current fishery. As we shall see, longer term forecasts for herring stocks are not very reliable.

3.1.2 Optimal Rate of Fishing

The terms, rate of fishing, exploitation rate and fishing mortality (F) all mean the same thing. The optimal rate of fishing, usually called $F_{0.1}$, is designed to maximize profit to the fishermen and to ensure against poor recruitment. $F_{0.1}$ is calculated as the rate of fishing where marginal yield is 10% of the initial catch per unit of effort. Essentially, when fishing becomes ten times more difficult in comparison to when a fishery first starts, it is felt that the rate of fishing should not be increased anymore. This target level of fishing is called the $F_{0.1}$.

To calculate $F_{0.1}$, yield is measured for different rates of fishing. Yield is the number of fish at each age group multiplied by their average weight. For herring, $F_{0.1}$ is assumed to be 0.3, which, over a one year period, amounts to about 25% of the fishable population is available for exploitation.

3.1.3 Projected Population

The projected population is an estimate of how big the current population will be in one, two or more years. The current population is the numbers of herring at each age which are alive in the southern Gulf of St. Lawrence. The technique for calculating the size of the current population using virtual population analysis was described in detail in Section 2.4. In the forecast the numbers of herring in the current population are projected forwards.

In order to estimate the number of fish that will continue to live for several years in the future, we need to know how many will die from natural causes (natural mortality), how many will be caught by the fishery in the

intervening years (fishing mortality), how much the fish will grow, what proportion will be available to the fishery (partial recruitment), and finally how many young fish will be entering the fishery (recruitment).

Natural mortality of herring is assumed to be fairly constant after they are two years old. Usually, it is assumed that 18% of herring die or are eaten each year, that is, the annual survival rate is 82%. The assumption that large herring have a constant and high survival is consistent with observations of other fish species of similar size. Therefore, if our estimate of the number of three year old herring is fairly accurate, then our estimate of their numbers when they are five years old should also be fairly accurate.

By contrast, the natural mortality of eggs, larvae, and very young juveniles is high and unpredictable. Thus if it were possible to make an accurate estimate of the number of eggs or larvae, it would be unlikely that they would be useful for predicting the number of adults.

A forecast for 1988 is made using information collected in the 1986 fishery. The forecast assumes that catches in 1987 will be at the $F_{0.1}$ level as calculated in the previous assessment. Sometimes the recommended catch or quota is different from that at $F_{0.1}$, if so the best estimate of what the 1987 catch will be is used in the projection for 1988.

It is not possible to predict the average size or weight of fish at each age group in the projection because growth rates can change greatly from one year to the next. Instead, either average weights over several years or the weights at age from the most recent fishery are used in the projection. Because the growth of adult herring is small in comparison with other fish such as salmon or cod, this potential source of error in the projection is considered to be relatively minor.

Partial recruitment is the proportion of an age group which is available to the fishery. When an age group is fully available to a fishery, it is said to be fully recruited. In the gillnet fishery spring spawners are believed to be fully recruited at age 4 and fall spawners at age 5. In gillnet fisheries, older and larger herring may not be completely available to the fishery and would therefore be only partially recruited. This type of phenomenon is sometimes attributed to the purse seine fishery when it is felt that purse seiners are following large year-classes and releasing sets which contain individuals from smaller year-classes. In this situation, individuals from the smaller year-classes would be only partially recruited. Partial recruitment of younger age groups is also difficult to predict and will be discussed below.

3.1.4 Recruitment

An important part of the projection is to predict the size of new year-classes which are currently not recruited to the fishery. For example in 1985, age 1 and age 2 herring were not captured in the fishery but in 1987 they will become age 3 and 4 herring; and age 3 herring which were only

partially recruited in 1985 will become age 5 herring in 1987. In the spring fishery more than 50% of the forecasted catch for 1987 was based on ages which were not fully recruited in 1985. Unfortunately, there is no satisfactory method to predict recruitment. As mentioned in Sections 2.4.3 and 2.4.4, egg and larval surveys are useful for estimating the number of spawners, but not for predicting recruitment. We can only estimate recruitment in hindsight, that is once the young age groups have grown into the fishery. For example only in 1989 will we have a good idea of how many age 2 herring there was in 1985; in 1989 these fish will be six years old and will have spent about three years in the fishery.

The current method to estimate recruitment is to assume that the number of age 2 and 3 herring will be the same as the average over the past ten years. This method may be objective but it is not very accurate; we can see in Figure 1 that the number of age 2 herring can vary greatly from one year to the next. By saying that recruitment in 1987 will be average, we are ignoring large fluctuations in abundance. It is clear in Figure 2 that very good recruitment, as was seen in the 1974 year-class (Figure 1), would result in a projection several times higher than a projection based upon average recruitment. In contrast, very poor recruitment would result in a very low projection for spring spawners. Because there is no reliable way of predicting recruitment, it is safest to base projections on average values.

3.1.5 Summary

The forecast is based on three estimates: the optimal or best rate of fishing, the contribution of age groups currently in the fishery, and the contribution of new age groups or recruitment. The two most important questions are: how can we estimate recruitment or the numbers of young herring and how can we measure partial recruitment in the fishery?

3.1.6 Questions and Comments

Question:

What happens to the age 11+ groups?

Response:

At present, these are few in abundance but the analysis does include as many age groups as possible. The reason for the lack of age 11+ animals is due to both natural and fishing mortality.

Comment:

However, in Chaleur Bay there are herring greater than 16 inches long, blue in colour, perhaps old fish.

Comment:

It was noted that 50% of the 1987 spring quota was based on age groups partially recruited to the 1985 fishery (age groups 1, 2 and 3). These partial recruitment estimates are based on historical averages and are susceptible to annual variation. In relation to this, the question was raised as to the efficiency of quota advice given the uncertainties in the size of incoming year classes.

The derivation of $F_{0.1}$ was also briefly discussed. It was produced primarily as a practical measure - a quick and easy method to produce a value. However, this is not to infer that another fishing mortality is not appropriate.

Comment:

The main objective should be the maintenance of spawning potential and not necessarily $F_{0.1}$. This could be obtained by mesh size and limited weekly effort regulations (fishing 3-4 days/week only). However, the opinion was raised that consideration should be given to the effect gillnet fishing has on not only the amount of spawning biomass but also the interruption of the organized spawning behaviour.

Comment:

There was discussion on the issue of gillnet fishing disruptions of spawning behaviour. Some industry representatives disputed this. It is certainly not clear whether or not there is a cause-effect relationship. This would require more study. The point was raised in that the gillnet fisheries are and always have been fisheries directed at spawning fish.

Fig. 1: Annual variation in the estimated numbers of two year old herring in the spring and fall populations.

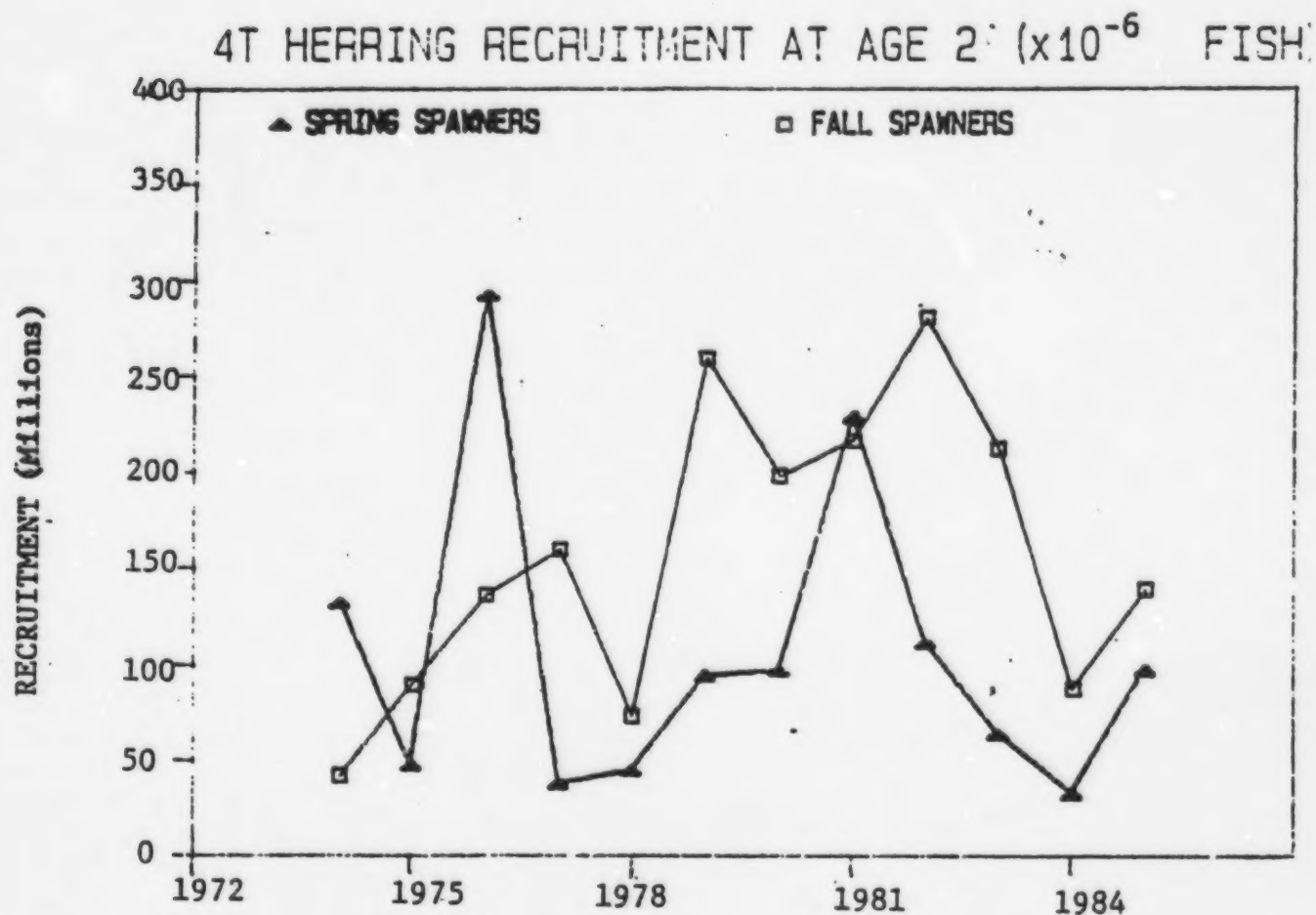
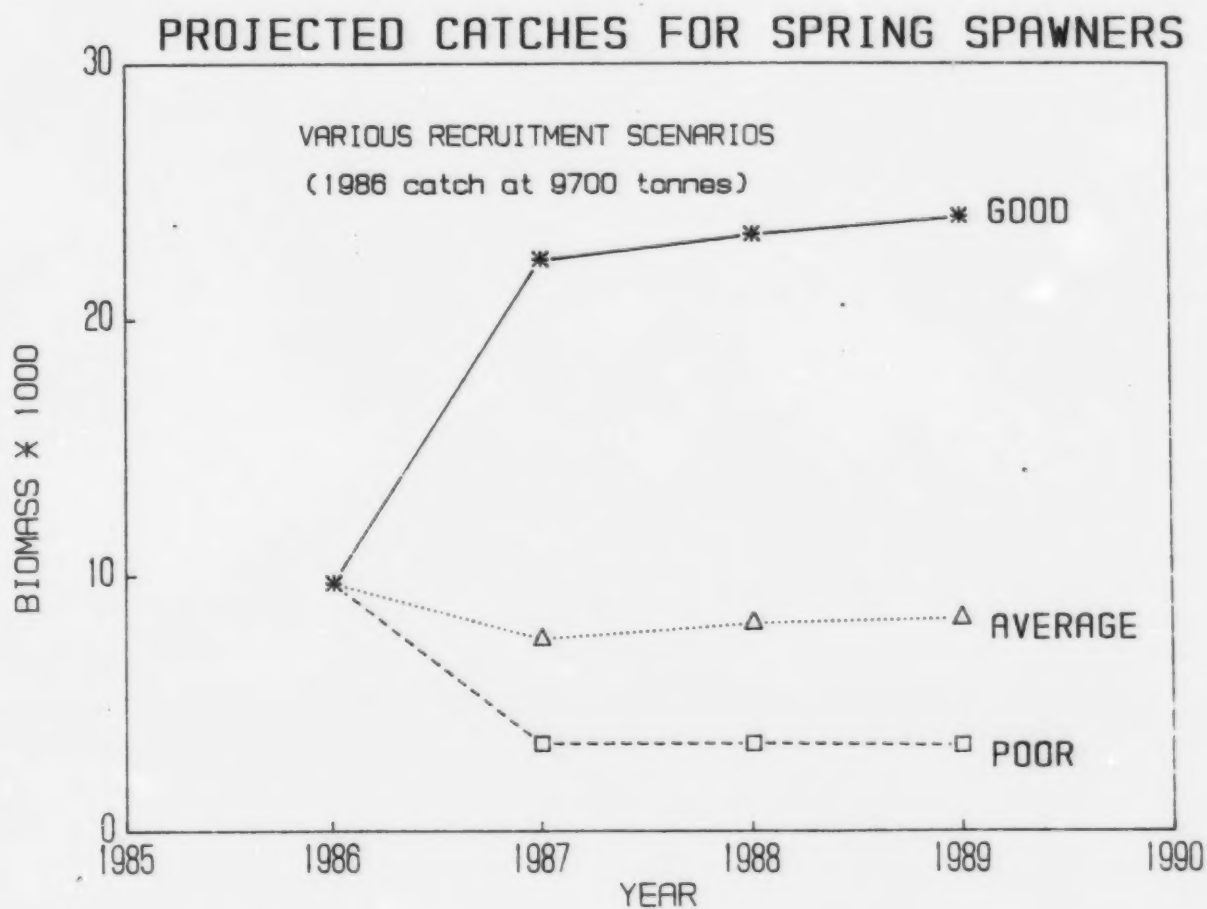


Fig. 2: Three projections of $F_{0.1}$ catches for spring spawning herring based on poor average and good recruitment of age 2+ fish (taken from Fig. 1).



3.2 BIOLOGICAL ADVICE FOR BRITISH COLUMBIA HERRING

by
Max Stocker
Science Branch, Pacific Region
Pacific Biological Station
Nanaimo, B.C. V9R 5K6

Pacific herring (Clupea harengus pallasii) range from southern California to Arctic Alaska in the north western Pacific, and from Korea to Kamchatka in the north eastern Pacific. Herring are pelagic planktivores, and schooling is standard behaviour. Herring migrate onshore to spawn inter- and sub-tidally during the months of March and April. They lay demersal eggs, which adhere to vegetation. The larvae hatch after 6-18 days, and juveniles recruit at ages 2-5. Maximum age is 20-yr old, and they are found up to age 10 in the fishery. In British Columbia, currently 7 stocks are recognized (Haist, Schweigert, and Stocker 1986).

The first commercial catch of Pacific herring was recorded in 1877. There was a fishery for the dry salted herring market in the Orient from 1904-1934 with up to 77,000 t of annual catch. A reduction fishery by purse seine followed from 1935-1967. Fish were taken during their inshore spawning migration from November through March. Large catches up to 240,000 t were taken. High catches in combination with poor recruitment led to a collapse of the fishery and subsequent closure in 1968.

Cessation of the intense reduction fishery led to stock recovery and commencement of the roe herring fishery. The seine and gillnet fishery catches herring on or near the spawning grounds to supply the lucrative Japanese Kazunoko market. The fishery is short and intense and the fleet has excess capacity and is difficult to manage. Other herring fisheries include roe-on-kelp and food and bait.

3.2.1 Herring Management Structure

The herring fishery management objective in B.C. is based on a fixed harvest rate of 20% in conjunction with a predetermined CUTOFF (Stocker 1985) level. There are two criteria fundamental to this management system:

- (1) The stock assessment has to be consistent with all available information.
- (2) There has to be a management structure for planning and implementing fisheries (Fig. 1).

These objectives are affected through:

Stock Assessment Committee
Herring Management Working Group
Herring Industry Advisory Board
In season Management Teams

The process was formalized in 1982 and is overseen by the herring co-ordinator of the Fisheries Branch. The key to the process is that "consensus" of status is sought from many perspectives.

The stock assessment committee establishes relative stock trends in biological characteristics and field observations used to establish harvestable surplus. The herring management working group takes the information to draw up fishing plans. The herring industry advisory board reviews fisheries, reviews proposed management plans, and provides input for the final fishing plans.

The in-season management varies somewhat from area to area. Soundings are undertaken, roe test sets are made from chartered vessels, enforcement is carried out, fishing to quota occurs, and the season is reviewed with industry.

A significant contribution to this "consensus" system of management is the recording of planning and decision making. Minutes of meetings are produced as well as in-season records of management strategies are kept.

The record of roe catch (1000 t) for the total B.C. coast vs roe quotas (1000 t) indicates good correspondence.

	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>
ROE CATCH	73.6	63.1	37.3	14.4	26.3	27.5	38.9	32.6	24.4	15.1
ROE QUOTA	72.6	74.6	53.8	31.7	27.3	31.8	28.0	31.3	18.9	12.5

3.2.2 Methods of Stock Assessment and Forecasting

In fisheries management we want to predict what will occur in a fishery in the future. Forecasting the potential catch that can be removed from stocks requires assessing the status and determining which factors affect stock dynamics. We are currently using 2 methods in our analytical assessment system: 1) Age-structured model analysis, and 2) an escapement based method. These models provide simple descriptions of the dynamics of real herring populations.

For the escapement based method current population size estimates depend heavily on spawn deposition information. Relative importance of spawn can be adjusted in the age-structured model depending on degree of belief in the accuracy of the spawn information. In addition to the analytical stock assessment methods other criteria used for determining biological quotas for B.C. herring include:

- Stock trends
- Recruitment forecasting methods
- CUTOFF's (minimum stock level below which no harvesting occurs).

Forecasting recruitment is an important component of the stock assessment system. Herring has experienced strong fluctuations in recruitment success associated with changes in oceanographic conditions (Fig. 2). We use environmentally dependent stock recruitment models to forecast recruitment to the fishery. With changing environmental conditions from year to year, there exists a family of stock recruitment curves. From a fisheries perspective, accurate forecasts of recruitment success has great benefits to the commercial fishing industry.

3.2.3 Summary

- 1 - A quota system based on fixed harvest rate of 20% of forecast run in conjunction with a CUTOFF is used to manage B.C. herring.
- 2 - The employed management system is a "consensus" system. It makes extensive use of the consultative process.
- 3 The system is well documented.
- 4 - The analytical stock assessment gives us a reasonable understanding of past performance of B.C. herring populations. We are continuously refining these methods. With these refinements we hope to avoid pitfalls that lead to severe stock declines.
- 5 - Finally, in B.C. fishermen share the responsibility of annual assessment through:
 - a) vessel charter program (collection of biological samples).
 - b) participating in seine and gillnet openings to provide catch samples.
 - c) sending representatives as observers to the stock assessment meeting
 - d) sending representatives to participate in the herring industry advisory board meeting with DFO.

3.2.4 References

- Farlinger, S. 1986. Herring management in British Columbia. p. 11-19 in Haeghele, C. W. (ed). 1986. Proceedings of the fifth Pacific coast herring workshop, October 29-30, 1985. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 1871: 164 p.
- Haist, V., M. Stocker, and J. F. Schweigert. 1985. Stock assessments for British Columbia herring in 1984 and forecasts of the potential catch in 1985. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1365: 53 p.
- Haist, V., J. F. Schweigert, and M. Stocker. 1986. Stock assessments for British Columbia herring in 1985 and forecasts of the potential catch in 1986. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 1889: 48 p.

Stocker, M. 1985. Estimates of equilibrium biomass in the absence of fishing and corresponding CUTOFF levels for B.C. herring. 6 p. Presented to annual meeting of the Herring Stock Assessment Committee, Cowichan Bay, Sept. 4-5, 1985.

3.2.5 Questions and Comments

The herring management system on Canada's west coast uses a quota system with a fixed rate (20%) of exploitation, modified by a defined "cutoff". The administration of the system is similar to that in place on the east coast. The industry participates in the assessment process by sending representatives to both the advisory committees and the stock assessment committees.

Question:

How is the minimum cutoff level derived?

Response:

It is based on the stock-recruitment relationship. It is 25% of the unfished equilibrium, based on the experience with peruvian anchovies. It is an attempt to define a minimum spawning stock biomass.

Comment:

There are two approaches to harvesting roe on kelp - impoundment, and open pounding. The major fishery on roe is however a pre-spawning one with purse seines and gillnetters involved.

Comment:

It was stated that there is a difference between the east and west coast as regards to the amount of resources spent on herring research. It was the perception that it was higher on the west coast. No figures were presented to confirm this.

Question:

How sensitive is the catch prediction to the environmental information used in the described stock-recruitment (S/R) relationship.

Response:

River discharge sea surface temperature and sea surface water transport are involved. Warm water is generally unfavourable for recruitment. It appears that pacific hake and mackerel from the U.S.A. come further north in warm years and may predate on young herring. About 50% of the variability in the S/R relationship can be described by the environment. Thus recruitment using it can be described as only poor, average or strong. For this reason, net surveys for age 2 herring are being initiated.

Comment:

Roe price is initially set (generally low) prior to the fishery but is adjusted upward subsequent to harvesting. It is about \$2,000 per ton for gillnetters and \$1,500 for purse seiners. Gillnet or girth net mesh sizes are 2-1/4", designed to catch fully ripe fish.

Comment:

Because openings and closures are by small areas, sometimes bays, the assessments are conducted on small areas, using the spawning escapement information.

Fig. 1: Structure of herring management in British Columbia (from Farlinger 1986).

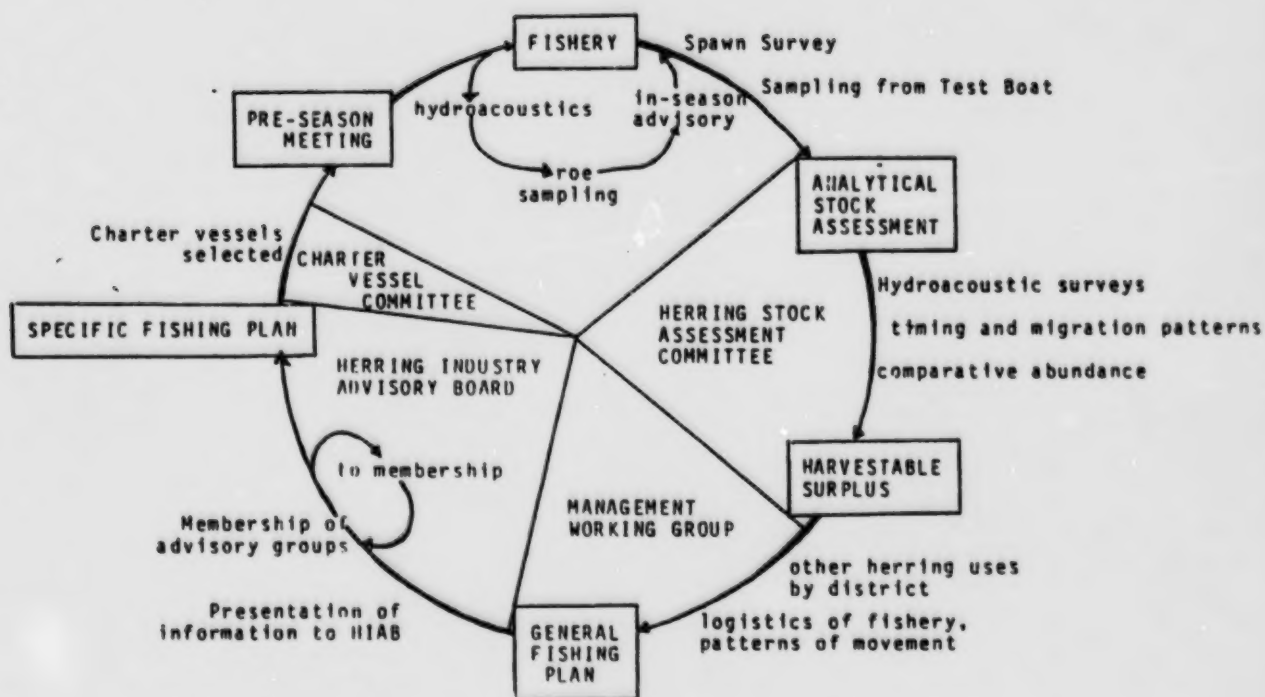
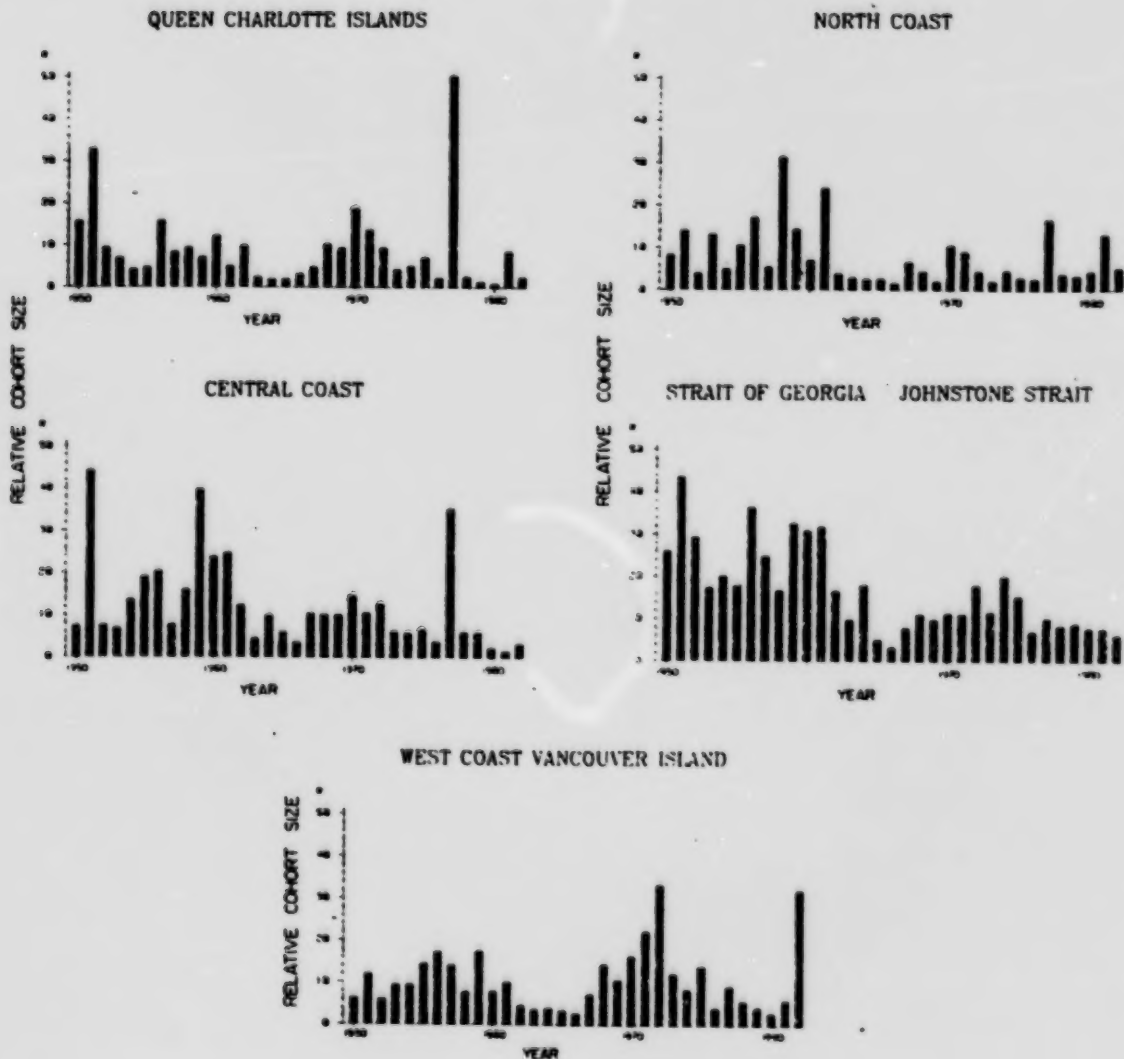


Fig. 2: Relative cohort strengths from age-structured model analysis, 1950-1982 (from Haist et al. 1985).



4. FUTURE COOPERATION

This final section was initiated with a review of a cooperative project between biologists and fishermen in the Bay of Fundy. Next, we ask if a formal mechanism is needed to ensure cooperation between fishermen and biologists in the assessment of Gulf of St. Lawrence herring stocks. Finally, we provide a summary of the major questions and issues which arose from the workshop.

4.1 BAY OF FUNDY: AN EXAMPLE OF COOPERATION BETWEEN SCIENTISTS AND INDUSTRY

Derrick Iles
Science Branch
Scotia Fundy Region
Biological Station
St. Andrews, New Brunswick

There is considerable confusion in some places as to what is meant by "management". Those who deal with management theory on the biological side, and without first hand involvement in a fishery, tend to deal only with the question of advice on catch regulation and related matters. Economists go a little further than that, but even so, tend to use the same approach and deal largely with the primary side of industry - things get so complicated if you want to look at all aspects of a major fishery that it becomes impossible to deal with the subject as a theoretical exercise. Indeed there are some fishery biologists who believe that theoretical "management" makes about as much sense as does theoretical brain surgery or theoretical piano playing - there is only one way and that is to be involved in the fishery as closely as is possible.

To indicate what is involved in fisheries management and to suggest how complicated the process as a whole can be - and usually is - one can set out the kinds of questions that are asked of a fishery; there are four of them, so:

- 1) How much (or many) fish - this can be referred to as the biological question.
- 2) How many dollars - the economic question.
- 3) How many jobs - the social question.
- 4) How many votes - the political question.

Everyone with any first hand experience in dealing with real fisheries problems will recognize that these are genuine questions that always arise, and which must be born in mind when considering ones own particular interest or responsibility, but it is worthwhile to follow it up by putting them in the context of the Canadian management situation. The point to emphasize is that the Canadian "management situation" is nothing less than the impact or influence of the Canadian economic and social history and of the political system that is the result of this history. It is unique to Canada and to the particular part of Canada that is affected. The assumption by Canada of management responsibility of her marine fisheries introduced new factors, compared with the "old" system, that are still being appreciated, and hopefully, by meetings of this kind, sorted out!

Canada is fortunate that the "biological" question is the responsibility of a single authority, the Federal Department of Fisheries and Oceans, and specifically the Minister of this department. This arrangement reflects the particular kind of federal system that Canada adopted from the very beginning and it has important, and in this instance favourable implications. This is because any system in which this resource

control authority is fragmented is almost certain to be ineffective. The kind of federal government enjoyed by our neighbours to the south where the States have entrenched rights in the old "three-mile zone" creates boundary disputes with each "coastal State" and with no possibility of their being resolved by a higher authority. There is none unless the Deity can be involved! In my view this has contributed greatly to their difficulties in reaching accord on management problems, and particularly in the herring fisheries of the eastern United States. The same can be said for the eastern Atlantic where management requires the agreement between all of the interested countries which is about 20 of them, even at the biological level. In practice, any difficult question at the "higher" levels of management tend to be avoided, which is easily done by maintaining that the biologists have not done their job properly and that definite and incontrovertible proof has not been provided that would justify their raising sensitive issues.

However, the Canadian system makes it all the more important that those responsible for the scientific advice should not have access to, or responsibility for, the "higher levels" of management. Their advice on management affects their fellow Canadians and should be discussed and presented as objectively as possible. The CAFSAC organization was set up to ensure that this is so although there is sometimes confusion on this point. For example it is often said, but it is completely incorrect, that the TAC is "fixed by the scientists". This is not their responsibility and although they should be required at any time to justify any advice they produce that is referred to in the management process, they should not be asked to, or accused of going beyond their scientific mandate. This is not to say that scientists should be blissfully ignorant of the "facts of life" related to fisheries for which they have assessment responsibility!

In fact, given good information from the fishery, the scientists job is the easiest of all; the rules are much more clear-cut and the objectives usually defined in standard ways that are independent of those other management issues; the ones that involve special interests and require decisions that have to be made on subjective rather than objective grounds. Indeed a very reasonable definition of management at the higher levels of involvement is "the quantitative resolution of conflicts of interest", and an excellent example of the complexity of a real situation that required precisely this is given by what became known at the Bay of Fundy Project.

Henry Ford once said that "history is bunk" but the current situation that exists in east coast Canadian fisheries was molded by the recent historical processes that resulted in our assumption of complete management responsibility; anyone who does not appreciate this should think for a moment of St. Pierre and Miquelon! This particular story involving the herring industry of the Bay of Fundy began with the agreement at ICAF discussed earlier, that was reached in early 1972, and which was immediately quite rigorously enforced by Canada. This "holier than thou" attitude on our part was resented by some Canadian fishermen but it was essential if we were to demonstrate to the world at large our management determination and competence. Remember that we were far from being able to claim exclusive management responsibility at that time, and were bound to work within ICAF,

the only authority that existed at that time. Our fishermen and industry were not easily convinced of its necessity at the time because of persistent reports of evasion of quota limits by other countries, and, to coin a phrase, "it wasn't easy"!

Two points can be made that have to be born in mind in relation to what happened subsequently. The ICNAF agreement depended critically on the ability to allocate "national shares" to the interested individual governments; without this it was impossible to expect agreement on an annual quota amongst countries with different market interests and different fishing seasons; the country that had a fishery that coincided with the beginning of the quota year would have scooped the pool! Secondly, as an interesting sidelight, it was in this agreement that the famous criterion of "F_{0.1}" was first used. Oddly enough, it was not used as a basis to set catch levels but to counter an argument by the foreigners that maintained that catch limitations were unnecessary, a fact that is not widely appreciated. That it has been accepted as a fundamental management aim on both sides of the Atlantic is a somewhat surprising fact to those few who were involved in its introduction as a theoretical argument applied specifically to herring fisheries!

The almost immediate result of Canada's enforcement of the catch limit represented by her ICNAF "quota" on her own fishermen was a drastic reduction in the length of the fishing season off southwest Nova Scotia in the summer fishery there. After only two seasons this was cut to about six weeks from the several months that was enjoyed before catch limitations were imposed. Within Canada there was a mad scramble for quota amongst the 50 or so seiners operating in the area; each wanted to get a lions share before it all ran out, and fishermen dreaded the possibility of boat breakdown or gear loss that could spell disaster rather than inconvenience.

In the early years this did not have too great an overall economic effect because the fishermen's price for their herring, which was used almost entirely for meal, was relatively high. A world wide slump in meal prices took place by 1975 and this precipitated a crisis to the fishermen; the total value of the proposed 1976 Canadian quota from ICNAF was completely inadequate to sustain even half of the fleet, even at subsistence levels.

The fishermen approached the Minister who responded by inviting them to get together to analyze the situation and, with help from his advisors, propose solutions. To this end a committee was set up, that unlike most committees, acutally did something useful!

The analysis of the situation was quite simple: it had to be assumed that the amount of herring available was fixed by the international allocation of the overall quota and could not be increased by Canada because it was set by international treaty. A reduction of the size of the fleet by more than 50% was clearly unacceptable to the fishermen even if it could be limited to that degree. Therefore they had to get more money for the same amount of fish; therefore they had to find or create another market at a much higher price.

Now there was such a market in Europe, in West Germany particularly, for butterfly fillets, but there were no facilities to produce food herring of the high quality demanded by this market at anything like the levels that were needed. The meal market would take practically any kind of herring, of any size and of almost any quality, and the whole industry was organized technically and economically very largely around this single product.

At this stage it became obvious that the whole fishery had to be transformed from a low-grade to a high grade produce, which both highlighted quality as a crucial aim and, certainly to the "outsiders" involved in the project, drew attention to the single most important issue for any fishery and indeed any economic operation - MARKET. The adage that people fish for dollars and not fish was strikingly confirmed.

It was also made clear that such a major change must involve both sides of industry, the fishermen and the processors, and a new factor emerged. It was quite impractical for the processors to invest in a food industry for a six to eight week season, which was the inevitable result of the imposition of Canadian quota. The difficulties caused by an unallocated quota at the international level were being found to apply at the national level. It became clear that a major, even miraculous improvement in the way fish were handled and transported to the plants had to be achieved. The only herring used for food until then were those most recently caught and "on top of the load", and under the best of conditions this was no more than about 10% of the total.

The fishermen's part in this was to control the rate at which the quota was taken by the fleet as a whole so as to spread it over a much longer season and this in turn could be achieved only if there could be agreement on individual boat quotas and on limits to catch to match the available current market. The real problem was to agree on a system of boat quotas, an agreement that had to apply to all the boats in the fleet, to include both those owned by fishermen and those owned by plants. When it is realized that the range of catch by individual boats in 1975 was from nearly 4,000 tons, for the high liners, down to less than 100 tons, to the "also-rans", the scope of the problem became evident. That the fishermen agreed to an allocation scheme that guaranteed at least a fighting chance to all boats in the fleet represented an attitude of good will that was remarkable for its time. The boat quota allocation was based on size of boat and crew, and the boat performance for the most recent period, with the proviso that special cases of hardship would be given a second look. At the same time agreement was reached on how the catch of the fleet as a whole would be spread out to match the available market, and this led to the acceptance of weekly boat quotas.

All of this required an organization both to link the fleet to the market and to ensure the proper enforcement of all the agreed measures as well as conformation to the Canadian quota for the fishery that had been fixed at ICNAF, and could not be modified to give the industry more elbow room.

Two other aspects of the operation must be mentioned. To emphasize that the attempt to restructure the fishery was genuine, and to make a commitment to the success of the project, the Minister invoked the section of the Fisheries Act, that had been put in abeyance, that forbade the use of herring for meal production; to give some financial incentive and a glimpse at least of what might develop, "over the side sales" to the Poles at very respectable "food herring" prices were arranged - the first of its kind. Although towards the end of the first year of the project it became clear that all of the quota could not be put into food and it was necessary to relax the meal moratorium at the end of the season, by the second year less than 5% of the total catch was used for meal, and the transformation was virtually complete. This confounded critics of the project who were convinced that it was impossible to make such radical changes so quickly.

The operation of the project depended critically on the setting up of a fair and honest reporting system so that no one cheated on his quota. Fishermen are no more or less honest than anyone else, and the rules of the game until the Bay of Fundy Project came along was "devil take the hindmost". This not only had to be efficient but had to be seen to be efficient and in practice the only people with the detailed knowledge of what was going on NOW were the fishermen themselves, and of course, the plants that accepted the catch. It was necessary to set up a recording and analytical system at the St. Andrews biological station that was the centre for the reception of reports from all sources, that kept the books and that "blew the whistle" when necessary. To ensure that things not only were fair but were seen to be fair, a weekly newsletter was circulated that presented a detailed breakdown of the previous weeks fishery. This gave the details of catches by individual boat, by the day of the week and area of catch, together with landing point and a breakdown of product use. This system was extended to include the Bay of Fundy weir fishery as well, and reported and analyzed the weeks catches by the Tuesday of the next week. The system set up then is still the basis for catch reporting for the Nova Scotia stock although there have been some changes, and you would be lucky to get such rapid service.

The fishery was transformed and its economic value to all participants increased many fold within three or four years; there have been less favourable developments since and the original market for fillets has long been lost, but the first several years were, and are, considered to represent a revolutionary success that stimulated both the acceptance of fishermen's organizations and the realization that a fishery, to be successful, must be made up of individual components that are prepared to address common problems jointly even if they differ in their individual aims. The important thing is to identify the common problems to agree on common aims and to anticipate any major changes that could affect the fishery as a whole. What if the Japanese roe fishery collapsed?

It is worthwhile to identify some of the aspects of the organization of the project that were thought to be responsible for its success at the time. The first, and perhaps the most important was that all problems were discussed in detail by the people who were most directly involved and who were the most informed and expert in the relevant fields. In this

particular case this meant that they proposed the solutions too! The crucial decision involved the agreement on sub-allocation amongst the boat skippers, which, it must be stressed, was arrived at by the fishermen themselves; they set out the criteria and supplied the accurate information needed to put it into effect. The most desirable characteristic of the organization was its flexibility to meet the demands of a rapidly changing and often unpredictable market and resource situation. This was achieved by the delegation of "real time" management to a small group of departmental employees who had the power to make the relevant decisions, or proposals provided that they came within the guide lines established by senior management. This in turn was possible only if a constant stream of up-to-date and accurate information came from the fishery itself and although there had to be a competent point of collection analysis and dissemination of facts, the information could come only from industry. This meant that people with quite different and even conflicting interests had to cooperate in aspects of the project that were essential to its working at all.

This cooperation became formalized by setting up a post mortem process after each season, attended and enthusiastically supported by all interested parties. This took place throughout the closed season and resulted, finally, in the drawing up of proposals to address problems that had arisen during the fishery season itself that could not be dealt with then. These were then presented to the Department for acceptance, and/or modification and were promulgated in time for the next year's fishery. This was one time and one fishery where the operational plan was worked out by industry and "local" departmental staff and presented to the departmental higher management for approval, rather than the other way around, but such a system is possible if and only if the will to agree is present - or forced on everyone by the possibility of catastrophe and/or by the other difficulty of the management situation. No question was ever avoided, frank and even brutal discussion was common, but over a period of time people began to appreciate the point of view of those who were their competitors or traditional antagonists so that, at the very least, it was possible to identify what was possible from what was impossible. If interaction of this kind does not take place, any problem becomes labelled as impossible even before it can be analysed objectively, and difficult but manageable questions are not tackled.

The kind of meeting instigated here has many of the features familiar to those who were involved in the Bay of Fundy Project, and there is little doubt in my mind that significant results could be achieved!

4.2 DO WE NEED A FORMAL MECHANISM?

The most obvious formal mechanism would be to renew this workshop on an annual basis. There was general agreement that this should be done. The objective would be to allow biologist and fishermen to decide which abundance index is most representative of the fishery before the calculations for the stock assessment are initiated.

Several points were raised. First, participants at the workshop should be members of a technical working group which in turn would be part of the Gulf of St. Lawrence small pelagic advisory committee. This working group would ensure that there would be fair representation of all interest groups. Second, this working group should meet at least twice each year: before the assessment is done to review abundance indices and other features of the fishery; and, after the assessment has been approved by CAFSAC

4.3 SUMMARY OF MAJOR ISSUES

4.3.1 Stock Identity

- Without good management stocks can be destroyed.
- There is no evidence that another stock can assist the recovery of another.
- More work is needed on stock structure.
- A review of historical tagging data base is recommended.
- Acoustic surveys may be useful for identifying herring stocks.

4.3.2 Index Fishermen

- There is great potential to have index fishermen fishing smaller and larger mesh sizes than normally used in the fishery.

4.3.3 Acoustic Surveys

- Intensive surveys should be initiated in Chaleur Bay, the current expenditure is inadequate.
- The November survey is not useful for estimating the biomass of specific stocks, therefore the entire Gulf of St. Lawrence must be covered.
- Acoustic surveys should be done in spawning aggregations in specific areas.
- Good surveys require a long term investment of resources.

4.3.4 Spawning Bed Survey

- Diving surveys should be done to measure possible detrimental affects of fishing on spawning beds.
- Spawning bed surveys should be initiated in Chaleur Bay.

4.3.5 Larval Surveys

- The mackerel egg surveys may contain some information on herring larvae; at least they may be useful for identifying discrete distributions of larvae.

4.3.6 Log Books

- Log books can easily be used in the gillnet fishery, but making them mandatory would not work. Misreporting is done because fishermen perceive the stock to be much larger.

4.3.7 Forecasts

- Projections should be made using a variety of fishing strategies other than $F_{0.1}$.
- Need to know the advice much sooner.

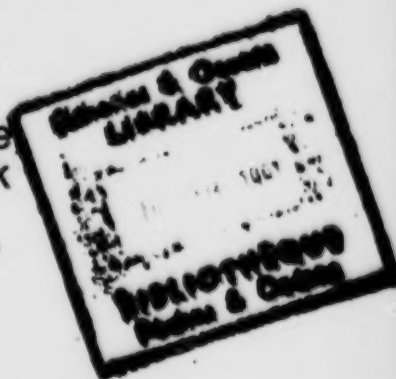
5. LIST OF PARTICIPANTS

<u>Name</u>	<u>Affiliation</u>	<u>Location</u>
Stuart Beaton	Maritime Fishermen's Union	North Bay, N.S.
Fernand Bourgeois	Sec. Treas. Union des Pêcheurs des Maritimes	Shediac Bridge, N.B.
Walter Bruce	Eastcoast Fishermen's Federation	P.E.I.
Scott Campbell	Dept. of Fisheries & Oceans	Moncton, N.B.
René Castilloux	Pres. Assoc. des Pêcheurs Côtiers	Newport, P.Q.
Michael Chadwick	Dept. of Fisheries & Oceans	Moncton, N.B.
Réginald Comeau	Union des Pêcheurs des Maritimes	Sheila, N.B.
Bernie Conway	Maritime Fishermen's Union	P.E.I.
Maxime Cormier	N.B. Fish Packers Assoc.	Moncton, N.B.
André Doiron	Union des Pêcheurs des Maritimes	Caraquet, N.B.
Peter Dysart	N.B. Fish Packers Assoc.	Moncton, N.B.
Fernand Friolet	Gulf Seiner Association	Bas Caraquet, N.B.
Derrick Iles	Dept. of Fisheries & Oceans	St. Andrews, N.B.
Bob MacClure	SPANS	Shelburne, N.S.
Paul-Aimé Maillet	Union des Pêcheurs des Maritimes	LeGoulet, N.B.
Shoukry Messieh	Dept. of Fisheries & Oceans	Moncton, N.B.
Marcel Muise	Union des Pêcheurs des Maritimes	Baie Ste-Anne, N.B.
Gloria Nielsen	Dept. of Fisheries & Oceans	Moncton, N.B.
Eugene Niles	Dept. of Fisheries & Oceans	Moncton, N.B.
Bob O'Boyle	Bedford Institute of Oceanography	Dartmouth, N.S.
Louis Poirier	L'Association de Pêcheurs Propriétaires des Iles de la Madeleine	Cap aux Meules, P.Q.
Edouard Richard	Union des Pêcheurs des Maritimes	Richibouctou, N.B.
Arthur Rioux	N.B. Fish Packers Assoc.	Shippagan, N.B.
Denis Rivard	Dept. of Fisheries & Oceans	Ottawa, Ont.
Ross Shotton	Dept. of Fisheries & Oceans	Halifax, N.S.
Rob Stephenson	Dept. of Fisheries & Oceans	St. Andrews, N.B.
Max Stocker	Pacific Biological Station	Nanaimo, B.C.
Cliff Thomson	PEI Fishermen's Association	Charlottetown, P.E.I.
Rhéal Vienneau	Dept. of Fisheries & Oceans	Moncton, N.B.
John Wheeler	Northwest Atlantic Fisheries Ctre.	St. John's, Nfld.

180f.
**PÊCHEURS DE HARENG ET
BIOLOGISTES:
LEURS RÔLES DANS
L'ÉVALUATION DES STOCKS**

Un atelier du hareng tenu
le 25 et 26 février 1987
au Centre des Pêches du Golfe
Moncton, Nouveau-Brunswick

E.M.P. Chadwick, Rédacteur



Division des poissons de mer et des
espèces anadromes
Direction des Sciences, Région du Golfe
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 5030, Moncton, N.-B. E1C 9B6

Février 1988

**Rapport canadien à l'industrie
sur les sciences halieutiques
et aquatiques No. 183**

54
223
c375
1183f.

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Numbers 1-91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92-110 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Printed in U.S.A. Cal. No. 23-223-003 BROADBENT, CO.

nnent les résultats des activités de recherche et de es à l'industrie pour des applications immédiates ux membres des secteurs primaire et secondaire de n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait. Le ts et des politiques du ministère des Pêches et des étiques et aquatiques.

it être cités comme des publications complètes. Le né de chaque rapport. Les rapports à l'industrie *des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont utions scientifiques et techniques du Ministère.

ont été publiés à titre de rapports sur les travaux dustriel, de rapports techniques de la Direction du ports techniques de la Direction des services aux t parus à titre de rapports à l'industrie du Service s Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de on du numéro III.

produits à l'échelon régional, mais numérotés à le rapports seront satisfaites par l'établissement uverture et la page du titre. Les rapports épuisés r des agents commerciaux.

Date Due

Division des poissons de mer et des espèces anadromes
Direction des Sciences, Région du Golfe
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 5030, Moncton, N.-B. E1C 9B6

(c)Ministre des Approvisionnement et Services du Canada, 1988

Nº de cat. Fs97-14/183F

ISSN 0704-3694

Titre exact de la présente publication:

Chadwick, E.M.P. 1988. Pêcheurs de hareng et biologistes: leurs rôles dans l'évaluation des stocks. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 183: viii + 144 p.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION - Denis Rivard, Président	1
2. ESTIMATION DES EFFECTIFS	2
2.1 EXISTE-T-IL DES STOCKS DE HARENG DISTINCTS? - Derrick Iles	3
2.1.1 Analyse	8
2.2 DONNÉES SUR LES CAPTURES: IMPORTANCE ET COMPLEXITÉ - Robert Stephenson	15
2.2.1 Importance des données sur les captures	15
2.2.2 Complexités propres aux données sur les captures	16
2.2.3 Rapprochement des données sur les captures et les renseignements biologiques en vue de l'établissement de la matrice des captures	17
2.2.4 Conclusion	17
2.2.5 Bibliographie	17
2.2.6 Analyse	17
2.3 ÉCHANTILLONNAGE DES ZONES DE PÊCHE DE HARENG DANS LE SUD DU GOLFE DU SAINT-LAURENT - Michael Chadwick	30
2.3.1 Objectif	30
2.3.2 Historique	30
2.3.3 Échantillons utilisés pour déterminer la fréquence des longueurs	31
2.3.4 Échantillons pour l'étude détaillée	32
2.3.5 Captures en fonction de l'âge	32
2.3.6 Poids en fonction de l'âge	33
2.3.7 Analyse	33

2.4	INDICES D'ABONDANCE	41
2.4.1	Établissement des indices d'abondance par les pêcheurs: Résumé du programme expérimental mené par les pêcheurs aux filets maillants dans les zones de pêche de hareng à Terre-Neuve - John Wheeler	41
2.4.1.1	Méthodologie	42
2.4.1.2	Discussion	44
2.4.1.3	Analyse	45
2.4.2	Relevés acoustiques: Estimation de la taille des populations de hareng - Ross Shotton	51
2.4.2.1	Application de la physique acoustique	51
2.4.2.2	Estimation de la densité des poissons	53
2.4.2.3	Effet du comportement des harengs sur les levés acoustiques	54
2.4.2.4	Rapport entre la section efficace de rétrodiffusion et la position des harengs	56
2.4.2.5	Plan d'étude	57
2.4.2.6	Données biologiques	58
2.4.2.7	Innovations futures possibles à l'égard des techniques de levé acoustique	59
2.4.2.8	Analyse	59
2.4.3	Étude des frayères dans le sud du golfe du Saint-Laurent - Shoukry Messieh	61
2.4.3.1	Localisation des frayères	61
2.4.3.2	Description des frayères	62
2.4.3.3	Densité des oeufs	62
2.4.3.4	Estimation du nombre de reproducteurs	63
2.4.3.5	Période d'incubation	64

2.4.3.6	Mortalités d'oeufs	64
2.4.3.7	Analyse	65
2.4.4	Les dénombrements des larves constituent des indices potentiels de l'abondance des stocks - Robert Stephenson	71
2.4.4.1	Introduction	71
2.4.4.2	Méthodologie	72
2.4.4.3	Analyse	72
2.4.5	Journaux de bord dans la baie de Fundy - Michael Power et Robert Stephenson	79
2.4.5.1	Introduction	79
2.4.5.2	Mise au point du journal utilisé par les pêcheurs à la senne coulissante dans la zone 4WX	79
2.4.5.3	Analyse des CPUE	80
2.4.5.4	Bibliographie	81
2.4.5.5	Analyse	81
2.4.6	Consultation des pêcheurs: pêcheurs aux filets maillants du golfe du Saint-Laurent - Gloria Nielsen	85
2.4.6.1	Indice d'abondance historique	85
2.4.6.2	Historique des études effectuées auprès des pêcheurs aux filets maillants	85
2.4.6.3	Études de 1986	86
2.4.6.4	Résultats de l'étude de 1986	87
2.4.6.5	Analyse	88
2.5	ANALYSE DES POPULATIONS VIRTUELLES - Robert O'Boyle	103
2.5.1	Intrants	103

2.5.2	Certains calculs de base de l'APV	104
2.5.3	Principes de l'APV	106
2.5.4	Étalonnage	106
2.5.5	Résumé	108
2.5.6	Analyse	108
3.	PRÉVISIONS	117
3.1	PRÉVISION DES CAPTURES DE HARENG DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT - Michael Chadwick	118
3.1.1	Objectifs	118
3.1.2	Taux de pêche optimal	118
3.1.3	Population prévue	118
3.1.4	Recrutement	120
3.1.5	Résumé	120
3.1.6	Analyse	121
3.2	RENSEIGNEMENTS BIOLOGIQUES SUR LE HARENG DE LA COLOMBIE- BRITANNIQUE - Max Stocker	125
3.2.1	Gestion du hareng	125
3.2.2	Méthodes d'évaluation des stocks et de prévision	127
3.2.3	Résumé	127
3.2.4	Bibliographie	128
3.2.5	Analyse	128
4.	COLLABORATION FUTURE	133
4.1	BAIE DE FUNDY: EXEMPLE DE COLLABORATION ENTRE LES SCIENTIFIQUES ET LES PÊCHEURS - Derrick Iles	134

4.2 FAUT-IL PRÉVOIR UN MÉCANISME FORMEL?	141
4.3 RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	142
4.3.1 Identification des stocks	142
4.3.2 Pêcheurs collaborant à l'établissement des indices	142
4.3.3 Levés acoustiques	142
4.3.4 Étude des frayères	142
4.3.5 Étude des larves	143
4.3.6 Journaux de bord	143
4.3.7 Prévisions	143
5. LISTE DES PARTICIPANTS	144

RÉSUMÉ

Chadwick, E.M.P. 1988. Pêcheurs de hareng et biologistes: leurs rôles dans l'évaluation des stocks. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 183: viii + 144 p.

En février 1987, il y eut un atelier sur le hareng regroupant des représentants de l'industrie du hareng du sud du Golfe du Saint-Laurent et des biologistes du hareng des régions du Golfe, de Scotia-Fundy, de Terre-Neuve, du Pacifique et d'Ottawa. L'atelier avait pour but d'examiner les éléments de base requis dans l'évaluation d'un stock et d'identifier de quelles façons l'industrie pourrait contribuer à l'évaluation annuelle du hareng 4T.

ABSTRACT

Chadwick, E.M.P. 1988. Herring Fishermen and Biologists: Their Roles in Stock Assessment. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. 183: viii + 131 p.

In February 1987, a workshop was held with representatives from the herring fishery in southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T) and herring biologists from Gulf, Scotia-Fundy, Newfoundland, Pacific, and Ottawa regions. The objective of the workshop was to review the basic ingredients of a stock assessment and to explore ways that industry could contribute to the annual stock assessment of 4T herring.

1. INTRODUCTION

Denis Rivard, président
Pêches et Océans
Direction générale des sciences
halieutiques et biologiques
Direction de la recherche sur
les pêches
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) Canada
K1A 0E6

L'objectif de cet atelier est de réunir les pêcheurs, les représentants de l'industrie et les biologistes afin qu'ils puissent convenir d'une méthode qui leur permettra de recueillir collectivement les données requises pour évaluer les stocks de poisson de façon appropriée. Au départ, cet atelier a été proposé par Peter Dysart de l'Association des empaqueteurs de poisson du Nouveau-Brunswick. Il a été planifié conjointement par cette association, la Prince Edward Island Fishermen's Association (Association des pêcheurs de l'Île-du-Prince-Édouard), l'Union des pêcheurs des Maritimes et la Région du golfe de Pêches et Océans. Précisons que l'objet de l'atelier n'est pas d'examiner les évaluations des années antérieures ni d'étudier la situation actuelle ou future des stocks. Il vise plutôt à réunir toutes les parties qui s'intéressent au hareng, dont l'exploitation soulève de vives controverses, afin qu'elles puissent collaborer à l'amélioration de la base de données sur cette espèce dans la zone 4T. En outre, on espère que l'atelier permettra aux participants de mieux comprendre les divers éléments de l'évaluation des stocks de la zone 4T et de l'évaluation biologique des stocks proprement dite, et les incitera à adopter une approche coopérative pour la collecte des données.

L'ordre du jour a été établi en fonction des deux étapes fondamentales de l'évaluation des stocks. La première étape consiste en l'analyse des données de recherche qui permettent d'évaluer les effectifs ou l'état actuel des stocks. Les présentations et les discussions porteront sur les éléments de base d'une évaluation, dont l'identification des stocks, les données sur les captures, l'échantillonnage et les indices d'abondance. La deuxième étape consiste à prévoir la taille des stocks et les niveaux des prises au cours des années à venir. Les conférenciers donneront également un aperçu des techniques du hareng employées sur la côte canadienne du Pacifique ainsi que d'un projet conjoint réalisé dans la baie de Fundy. La dernière séance de l'atelier sera consacrée à un débat libre sur la collaboration future. L'un des objectifs de l'atelier est de trouver des moyens précis destinés à permettre aux pêcheurs de nous faire part de leurs connaissances au cours de l'évaluation des stocks.

J'espère que cet atelier permettra à tous de mieux comprendre les aspects techniques des évaluations biologiques, qu'il servira à souligner l'importance d'une base de donnée appropriée et produira des recommandations utiles pour une meilleure coopération.

2. ESTIMATION DES EFFECTIFS

Combien de harengs y a-t-il dans le golfe du Saint-Laurent? Voilà une question capitale tant pour les pêcheurs que les biologistes. Dans la présente section, on constatera que, pour répondre à cette question, il importe d'abord de savoir identifier les stocks. On examinera ensuite les débarquements et l'échantillonnage auquel il faut procéder pour déterminer l'âge de tous les harengs capturés dans le golfe du Saint-Laurent. Cette section sera suivie de présentations et sur six types d'indices d'abondance. Enfin, on passera à l'analyse des populations virtuelles afin de démontrer comment l'indice d'abondance peut servir à évaluer les effectifs totaux en fonction des captures.

Veuillez prendre note qu'après chaque présentation, il y a eu une période de discussion sur les principaux points traités.

2.1 EXISTE-T-IL DES STOCKS DE HARENG DISTINCTS?

Derrick Iles
Direction des Sciences
Région de Scotia Fundy
Pêche et Océans
Station Biologique de St. Andrews
(Nouveau-Brunswick)

Il existe deux types de poissons : les poissons cartilagineux ou sélaciens, qui englobent les requins et les raies, et les poissons osseux, désignés sous le nom de téléostéens par les biologistes des pêches. C'est dans cette dernière catégorie, les téléostéens, que se classent la plupart des poissons capturés dans le monde. Les poissons du type hareng (il en existe environ 360 types distincts, à savoir un pour presque chaque jour de l'année) se classent parmi les poissons osseux ou téléostéens. Bien qu'ils soient fort nombreux, les harengs ne représentent qu'une petite fraction des téléostéens qui, au total, englobent 30 000 espèces environ. Toutefois, les harengs existent depuis beaucoup plus longtemps que la majorité des autres poissons osseux : on estime qu'ils sont apparus il y a 150 millions d'années environ. Seules les anguilles, qui sont également des poissons osseux, ont une origine plus ancienne. Lorsqu'on songe au fait que l'océan Atlantique n'est âgée que d'un peu plus de 100 millions d'années et, qu'il y a à peine 15 000 ans, l'Est du Canada, y compris les eaux où on pêche le hareng, était recouvert de glaciers, il n'est pas étonnant de constater que les harengs sont légèrement plus futés que nous sous certains rapports!

Les harengs fréquentent également les océans Pacifique et Arctique, mais ces espèces diffèrent des harengs de l'Atlantique et portent un autre nom. Selon certains, au moment où l'océan Atlantique s'est formé par suite de la dérive des continents d'Europe, d'Afrique, d'Amérique du Nord et d'Amérique du Sud qui, initialement, étaient rassemblés en une seule masse de terre, ce sont les poissons de type hareng qui ont d'abord tiré profit des nouvelles possibilités offertes aux animaux aquatiques.

Depuis qu'ils existent, les harengs se sont toujours nourris de plancton. Ils ont donc toujours pu bénéficier de la source de nourriture la plus abondante des océans, et c'est pourquoi ils sont nombreux et font l'objet d'une pêche intensive. Le hareng est aussi l'une des principales proies des poissons de plus grande taille que nous exploitons. Il n'est donc pas surprenant que le hareng ait été le premier poisson à être exploité à grande échelle.

La pêche du hareng qui a constitué la base économique de pays et de civilisations suscite un vif intérêt depuis plus de 1 000 ans. Au cours des XII^e et XIII^e siècles, la ligue hanséatique constituait la puissance économique dominante d'Europe, et fondait son pouvoir sur l'exploitation du hareng. Les villes hanséatiques, dont Hamburg et Lübeck, ont maintenu ce pouvoir en réglementant rigoureusement tous les aspects de l'exploitation et de la commercialisation du hareng. La ville de Lübeck, qui se trouvait dans

le territoire qui forme l'Allemagne actuelle, et dont nous connaissons la ville jumelle, avait son propre bourreau qui veillait du haut de l'échafaud à la mise en application des règlements relatifs aux permis et aux modalités d'inscription des prises. Malheur à celui qui ne remplissait pas son journal de bord! Au sein de l'industrie canadienne, nombreux sont ceux qui jugent que la situation ne s'est guère améliorée depuis ce temps! Toutefois, certains gestionnaires ont la nostalgie du "bon vieux temps".

En Amérique du Nord, les autochtones pêchaient les petits harengs à la fascine avant la colonisation, et ce poisson fut également une source de nourriture et de revenus pour les premiers colons établis en Amérique. Dans l'Est du Canada en général, la pêche du hareng revêt encore une grande importance et est cruciale à la survie de nombreuses localités. Voilà le premier point que je voulais souligner, à savoir que les pêcheurs s'intéressent de près aux mœurs du hareng depuis plus longtemps que les biologistes des pêches. Pour exercer leur métier, ils ont dû se familiariser avec les habitudes de ce poisson. Certains prétendent que le hareng moyen est plus intelligent que le biologiste des pêches moyen et qu'il est presque aussi futé que le pêcheur moyen.

L'une des principales raisons pour lesquelles le hareng est exploité de façon intensive est due au fait que le comportement de ce poisson est prévisible. Tous les ans, les pêcheurs retrouvent les mêmes stocks de hareng à peu près aux mêmes endroits et à la même date qu'au cours des années antérieures, même en haute mer. Dans les zones de pêche littorales, il est encore plus aisé de prévoir le comportement des harengs, ce qui a permis la création de l'industrie de la "sardine" du Nouveau-Brunswick qui, à une époque, était l'industrie la plus importante de la région. C'est à cause de cette prévisibilité et cette régularité du comportement des harengs que les pêcheurs et les scientifiques, ou du moins, la majorité d'entre eux, croient qu'il existe "divers types de harengs". Pour les biologistes qui s'intéressent aux harengs, l'identification de ces divers stocks constitue un problème majeur : ils rêvent de trouver une méthode d'identification valable et leur cauchemar est de se rendre compte qu'il n'en existe pas.

Pour avoir une idée de la difficulté de la situation, il suffit d'énumérer certains stocks les mieux connus : Est des Angles, Norvège, Grand Manan, banc de Georges, bassin de Minas, Îles-de-la-Madeleine, Whitby, banc Dogger, Buchan, île de Man, Zuider Zee, Clyde, îles Féroé et stocks islandais du printemps et de l'été. On peut en dénombrer au moins cent et peut-être deux cents, si l'on tient compte des stocks des deux côtés de l'Atlantique. Les frayères et le moment de la fraie diffèrent d'un stock à l'autre. Le problème auquel on se heurte est dû au fait que les stocks sont tous fort similaires et que, de toute évidence, il s'agit invariablement de stocks de harengs qui ne peuvent être distingués que difficilement.

En outre, les harengs errent de part et d'autre; sauf pendant la période de frai, ils migrent, semble-t-il, dans toutes les directions et les stocks se mêlent les uns aux autres dans les zones riches en plancton dont ils se nourrissent ou dans les aires d'hivernage. C'est au moment où des biologistes ont commencé "l'étiquetage" de ces poissons qu'ils ont constaté ce phénomène: ils ne pouvaient identifier que les harengs étiquetés mais

dans la majeure partie des cas, ils ne pouvaient distinguer les harengs non étiquetés des autres.

Pourquoi l'identification des stocks a-t-elle prise autant d'importance? De toute évidence, seul un hareng peut donner naissance à un autre hareng, mais il reste à déterminer si seul un hareng des Îles-de-la-Madeleine peut engendrer un autre hareng du même stock. Si c'est le cas, pour qu'elle soit appropriée, la gestion des harengs doit viser la protection des "stocks" particuliers, que l'on doit identifier en fonction de l'aire et de l'époque de frai et que l'on doit, par la suite, surveiller et protéger au cours de leurs pérégrinations.

A l'appui de cette hypothèse, examinons l'état des stocks de l'Atlantique Ouest, présenté dans un rapport biologique sur lequel reposait le premier accord concernant le contingentement des prises de harengs, celui de la Commission internationale des pêches de l'Atlantique Nord (CIPAN) en 1972. Signalons que l'industrie canadienne jugeait que cet accord, signé par le Canada, les États-Unis et les autres pays qui exploitaient le hareng au large de la côte est canadienne, était d'une importance capitale et qu'il était primordial à l'établissement de la zone de gestion de 200 milles au Canada. A cette époque, le terme gestion n'avait aucun sens péjoratif.

Cet exemple est d'une importance particulière, car il permet de constater pourquoi la question des stocks est cruciale sur le plan pratique. A l'époque, la CIPAN était la seule organisation ayant le pouvoir de sanctionner les stratégies de gestion et, même si la région visée par la convention englobait tout le nord-ouest de l'Atlantique, au nord du cap Cod, cette région était divisée en plus petites zones, car il était impossible de songer à réglementer les prises sur toute son étendue. Cela aurait été aussi difficile que de déterminer le TPA (total des prises admissibles) pour l'ensemble de l'Est du Canada!

Alors qu'à long terme, le Canada et les États-Unis souhaitaient que les pêcheurs des autres pays ne soient plus autorisés à exploiter le hareng dans leurs eaux, au début des années 1970, ils étaient tous deux tenus de respecter le traité de la CIPAN jusqu'au moment où ils détiendraient les droits exclusifs de gestion en la matière. La situation du Canada était plus compliquée, car il avait récemment déclaré que la baie de Fundy et le golfe du Saint-Laurent devaient dorénavant être exploités exclusivement par les pêcheurs canadiens. La création de zones de pêche "exclusives" faisait partie intégrante de notre politique générale, qui visait à assumer la gestion intégrale de toute la zone de 200 milles, mais rien ne garantissait que cette politique serait acceptée à l'échelle internationale, particulièrement si elle entravait le mandat de gestion de la CIPAN.

Il existait toutefois une solution en ce qui concerne le hareng du golfe: si nous pouvions démontrer que certains stocks de hareng étaient confinés à ces zones qui, de toute évidence, étaient canadiennes, nous pouvions soutenir que leur gestion pouvait nous être confiée sans aucun risque. Cette situation était tout à fait acceptable pour les stocks

exploités exclusivement par les Canadiens, comme les stocks du golfe de Saint-Laurent et de Terre-Neuve.

Après mûre délibération et grâce à des efforts soutenus, le groupe relativement restreint de scientifiques s'intéressant au hareng dans l'est du Canada à la fin des années 1960 et au début des années 1970 a démontré que peu de harengs des stocks du golfe s'aventuraient dans les zones accessibles aux flottilles étrangères. Les programmes d'étiquetage et d'autres études leur ont permis de constater que même si les harengs du golfe parcouraient de longues distances au cours de leurs migrations printanière et hivernale, ils se dirigeaient vers la côte de Terre-Neuve et se confinaient généralement dans la zone "territoriale" de 12 milles que nous avons déjà établie.

Cependant, les stocks de la plate-forme Scotian et de la baie de Fundy, dont ceux de la vaste pêcherie située au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, du golfe de Maine et du banc Georges, suscitaient encore des préoccupations. De grands nombres de harenguiers étrangers exploitaient ces eaux à l'intérieur de la limite de 12 milles du Canada. Pour les persuader de quitter ces zones, nous devons leur démontrer qu'il s'agissait, en fait, de nos harengs, c'est-à-dire que les poissons qu'ils capturaient au large appartenaient à nos stocks.

Pour mieux vous situer dans le contexte de l'époque, précisons que seuls le Canada et les États-Unis s'intéressaient réellement à sauvegarder les poissons de la région de la CIPAN, et que toutes les initiatives de "conservation" sont issues de ces deux pays. Les scientifiques des autres pays ont collaboré aux rassemblements des données scientifiques et ont fourni un appui vital au programme de gestion proposé, mais il incombait aux "états côtiers" d'élaborer une politique et, en matière de gestion proprement dite, de prévoir des stratégies qui seraient jugées acceptables par la CIPAN.

La principale difficulté à laquelle nous nous heurtions était de démontrer que la gestion des stocks pouvait être réalisée dans le contexte administratif du traité prévu, au départ, par la CIPAN. Certains pays auraient été contents de trouver quelque prétexte de refuser les contrôles de gestion même s'ils pouvaient difficilement nier que la gestion des stocks était bénéfique et fortement souhaitable - après tout, le mandat de la CIPAN était de gérer les stocks, et ils ne voulaient pas donner l'impression d'être avide de gain et irresponsables.

Dès le départ, nous avons pu démontrer que chacune des trois zones administrées par la CIPAN comptait un seul stock de hareng d'importance et, par conséquent, trois stratégies distinctes pouvaient être proposées pour chacune d'entre elles. Soulignons le fait qu'en matière de "gestion", c'est "l'isolement reproductif" des stocks qui, sur le plan biologique, était le principal point pris en considération et sur lequel, en fait, reposaient nos stratégies. "L'isolement reproductif" est le fait qu'un stock surexploité ne peut être remplacé par un autre stock. Pratiquement parlant, Si une entente était conclue relativement au partage du TPA (total des prises admissibles) avec les pays en concurrence, Si les données scientifiques à

partir desquels le TPA était établi étaient appropriées, et si les pêcheurs inscrivait toutes leurs captures dans leur journal de bord, la part de prises dont bénéficiait un pays représentait un acquis. Chaque pays pouvait donc bénéficier de son propre contingent et établir son propre plan d'action pour en tirer un profit maximum.

Heureusement, les membres de la CIPAN qui, sur le plan politique, formaient un groupe hétéroclite (les membres étaient aussi différents les uns des autres que peuvent l'être, par exemple, un capitaine de sennear et un pêcheur aux filets maillants du golfe), ont enfin convenu du TPA en janvier 1972 et des contingents de chacun des trois stocks d'importance, c'est-à-dire les stocks frayant au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse (A, figure 1), dans la zone littorale du golfe de Maine (B) et dans le banc Georges. En outre, la pêche des juvéniles dans les zones littorales canadiennes et américaines a été réglementée, et tous reconnaissent notre droit de gérer les zones de pêche côtière de la "sardine" du Maine et du Nouveau-Brunswick. Pour notre part, nous nous sommes engagés à respecter les principes directeurs établis en matière de gestion et à signaler toutes nos prises dans les zones littorales.

C'était la première fois qu'un accord de ce type était conclu, mais la signature d'une entente concernant pratiquement tous les stocks de toutes les espèces de poisson dans l'ensemble des régions relevant de la CIPAN n'a pas tardé.

Toutefois, nous pouvons nous demander si les hypothèses qui, au cours de cette période plutôt spéciale, ont été énoncées à l'égard du caractère distinct et de l'intégrité des divers stocks de harengs, étaient justifiées et si les principes sur lesquels elles reposaient peuvent être appliqués à une échelle plus générale.

Dans la région qui nous concerne, du moins, il y a peu de doutes à cet égard. Les cercles tracés sur la carte de la région présentée à la figure 2 indiquent la distance parcourue des harengs étiquetés par les scientifiques canadiens. Comme vous pouvez le constater, la distance moyenne parcourue par les harengs en haute mer pendant toute période raisonnable était beaucoup plus longue que la distance séparant les aires de frai dans le golfe de Maine et les zones adjacentes. La figure 3 présente la situation ultérieure pour deux des stocks les plus importants de la région, soit les stocks du banc Georges et de la Nouvelle-Écosse.

A compter de 1972, le stock de la Nouvelle-Écosse a fait l'objet d'une surveillance relativement rigoureuse au Canada. Au début de cette année, le Canada a créé le Comité de gestion du hareng de l'Atlantique, qui assurait une interaction directe entre les gouvernements provinciaux et l'industrie pour toutes les questions de gestion. Ce comité examinait régulièrement toutes les données et propositions pertinentes et était chargé, dans une large mesure, de veiller à ce que les programmes de gestion établis au Canada, à un degré inégalé nulle part dans le monde, soient généralement acceptés au sein de l'industrie du hareng au Canada. Malgré des désaccords sur des questions de gestion interne et sur la question de savoir si, après que le Canada eut pris en charge la gestion des ressources, celles-ci

devaient faire l'objet d'une protection aussi rigoureuse contre les efforts de pêche abusifs qu'avant cette époque, l'extension de la juridiction n'a jamais été remise en question.

La réglementation internationale à laquelle était soumise l'exploitation de l'autre stock s'est avérée trop tardive et insuffisante. De plus, l'application de ces règlements suscitait elle-même des difficultés. Il est difficile de déterminer avec exactitude quelles influences ont été les plus bénéfiques, mais nous sommes tout à fait en droit de penser que le programme de gestion canadien des 15 dernières années a valu plusieurs centaines de millions de dollars pour l'économie du pays, a permis d'économiser des fonds publics considérables et de créer bon nombre d'emplois. De surcroît, en ce qui concerne les stocks proprement dits, s'ils n'avaient pas été véritablement "distincts", la plus vaste aire de frai de l'Atlantique Est, soit la frayère du banc Georges, qui est actuellement inoccupée, aurait certainement été colonisée par l'un ou l'autre des stocks de harengs fréquentant ses environs immédiats.

Les scientifiques étrangers ont récemment remis en question l'existence de stocks de hareng distincts en s'appuyant sur le fait que, selon certains signes, ceux-ci ne présentaient pas les différences génétiques prévues par les théories génétiques classiques. Certes, dans bon nombre de cas, voire dans la majorité d'entre eux, il est difficile, voire impossible, de déceler des différences physiques évidentes observables en tout lieu et en tout temps. Mais, en réalité, la question est de déterminer si les "stocks" ne se reproduisent qu'entre eux dans leurs propres aires de reproduction. Jusqu'à présent, les preuves qui appuient cette hypothèse sont assez bonnes; il s'agit précisément du genre de renseignements qui ont permis aux bons pêcheurs de hareng d'exercer leur métier pendant des centaines d'années.

Nous ne prétendons pas avoir trouvé réponse à toutes les questions, mais tout indique que les mêmes ensembles de renseignements précis peuvent avoir autant de poids pour les scientifiques et les pêcheurs si ces deux groupes ont l'occasion d'en discuter franchement et de façon raisonnablement objective. Un fait est à noter: tant les pêcheurs que les scientifiques comptent sur le hareng pour gagner leur vie et ils ont intérêt à connaître le mieux possible ses habitudes. Il ne serait donc sûrement pas très raisonnable qu'ils refusent d'échanger leurs connaissances.

2.1.1 Analyse

Question:

Comparé à l'épuisement des stocks du banc Georges, le rendement soutenu des stocks de la baie de Fundy est-il dû au hasard ou aux contingents de pêche?

Réponse:

Au départ, les stocks de la baie de Fundy ont été exploités de façon moins intensive, car ils se confinaient aux zones littorales. Des contingents ont été imposés au moment où les stocks du banc Georges ont commencé à diminuer, ce qui a empêché les pêcheurs de surexploiter les stocks de la baie de Fundy. Signalons qu'en dépit de la proximité des deux stocks et de l'abondance constante et relativement élevée des stocks de la baie de Fundy, le stock du banc Georges n'a bénéficié d'aucun repeuplement en provenance de cette source. Ce phénomène a aussi été constaté ailleurs : par exemple, les populations de hareng de Whitby dans la mer du Nord sont demeurées stables tandis que les stocks plus accessibles du banc de Dogger, qui sont situés à 60 milles de distance du stock de Whitby, ont été épuisés.

Commentaire:

A ce titre, mentionnons également le stock de harengs des Iles-de-la-Madeleine. Celui-ci est disparu au cours des années 1970 tandis que des populations de harengs situées à proximité, qui sont demeurées stables, ne semblent pas avoir colonisé l'ancienne zone de ce stock.

Question:

Des contingents doivent-ils être établis pour chacun des stocks de façon à assurer une utilisation efficace des ressources?

Réponse:

En général, oui. Toutefois, au départ, un contingent globale a été requis, compte tenu de la situation historique. Cette approche globale a permis d'éviter l'épuisement des stocks. A l'époque, l'établissement de contingents propres à chaque stock n'aurait pas été efficace, mais la situation est peut-être différente à l'heure actuelle.

Question:

Les stocks locaux ont-ils l'instinct de retour? Au cours d'une étude d'étiquetage de 4 000 gaspareaux, sur 400 poissons recapturés, seuls deux d'entre eux ont été identifiés dans un bassin versant différent. N'est-il pas clair que la gestion doit être assurée stock par stock?

Réponse:

Les harengs distinguent les saisons, le moment du jour, etc., et ont également un bon sens de l'orientation.

Commentaire:

Le golfe compte au moins deux stocks de harengs, et d'autres études sur l'identification des stocks distincts devront peut-être être réalisées afin de les gérer adéquatement.

Commentaire:

La taille des divers stocks peut varier de façon marquée, depuis quelques centaines de tonnes (bassin de Minas) à plus de 10 millions de tonnes (stocks islandais-norvégiens). En outre, les distances parcourues au cours des migrations peuvent différer notablement: certains stocks se déplacent à peine, tandis que d'autres parcourent de longues distances.

Commentaire:

A Terre-Neuve, plus de 75% des poissons étiquetés relevés provenaient de la même région, et des résultats similaires ont été obtenus en Colombie-Britannique.

Commentaire:

En Colombie-Britannique, un fort pourcentage de harengs étiquetés ont regagné les zones où ils avaient été marqués.

Commentaire:

Les documents du CCSCPA n'appuient pas la gestion par stock.

Commentaire:

Même si, au cours de certaines périodes, les stocks peuvent fréquenter des zones distinctes, à d'autres moments, au cours de la saison de pêche, ils se mêlent les uns aux autres, et il devient très difficile de les gérer.

Commentaire:

Les senneurs, qui exploitent diverses zones, peuvent pêcher des stocks mixtes

Question:

Etant donné que les stocks sont distincts, pour leur exploitation, quel doit être l'effort de pêche, le type d'engin à utiliser, etc.?

Réponse:

Le nombre de captures nous intéressait davantage que le type d'engin employé.

Commentaire:

Dans quelle mesure la grosseur des mailles, la profondeur des filets et leur taille, ainsi que d'autres facteurs, ont-ils influé sur les échappées.

Commentaire:

Les filets maillants ont l'avantage de permettre une pêche sélective, c'est-à-dire qu'ils permettent aux petits poissons de se libérer.

Fig. 1: Zones de gestion du hareng, 1972. Figure tirée du rapport du groupe de travail sur le hareng de la CIPAN (Redbook, Part 1, 1972, page 62, Fig. 1) : "Herring Stock Structure in the ICNAF Area" (les traits doubles représentent les limites des aires fréquentées par les divers stocks et les zones hachurées, l'emplacement général des frayères)." Noter les pointillés séparant les zones 4Wa et 4Xb.

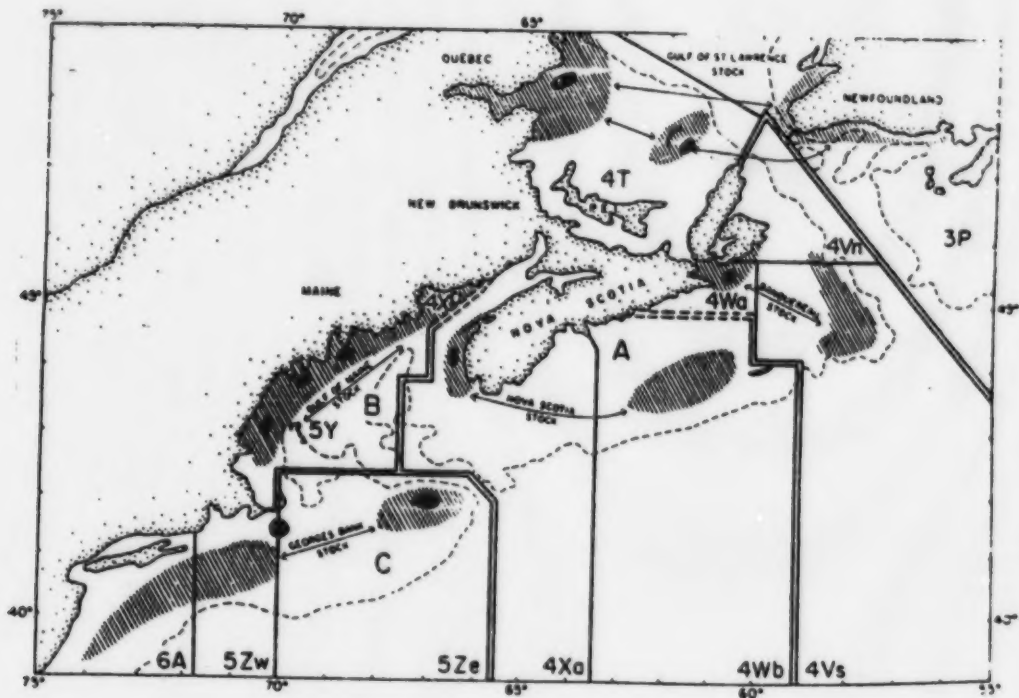


Fig. 2: Frayères des harengs du golfe de Maine et distance moyenne parcourue à long terme par les harengs étiquetés au cours de leur migration. Toutes les frayères sont nettement accessibles à tous les stocks, mais aucun stock exploité n'a été supplanté par un autre.

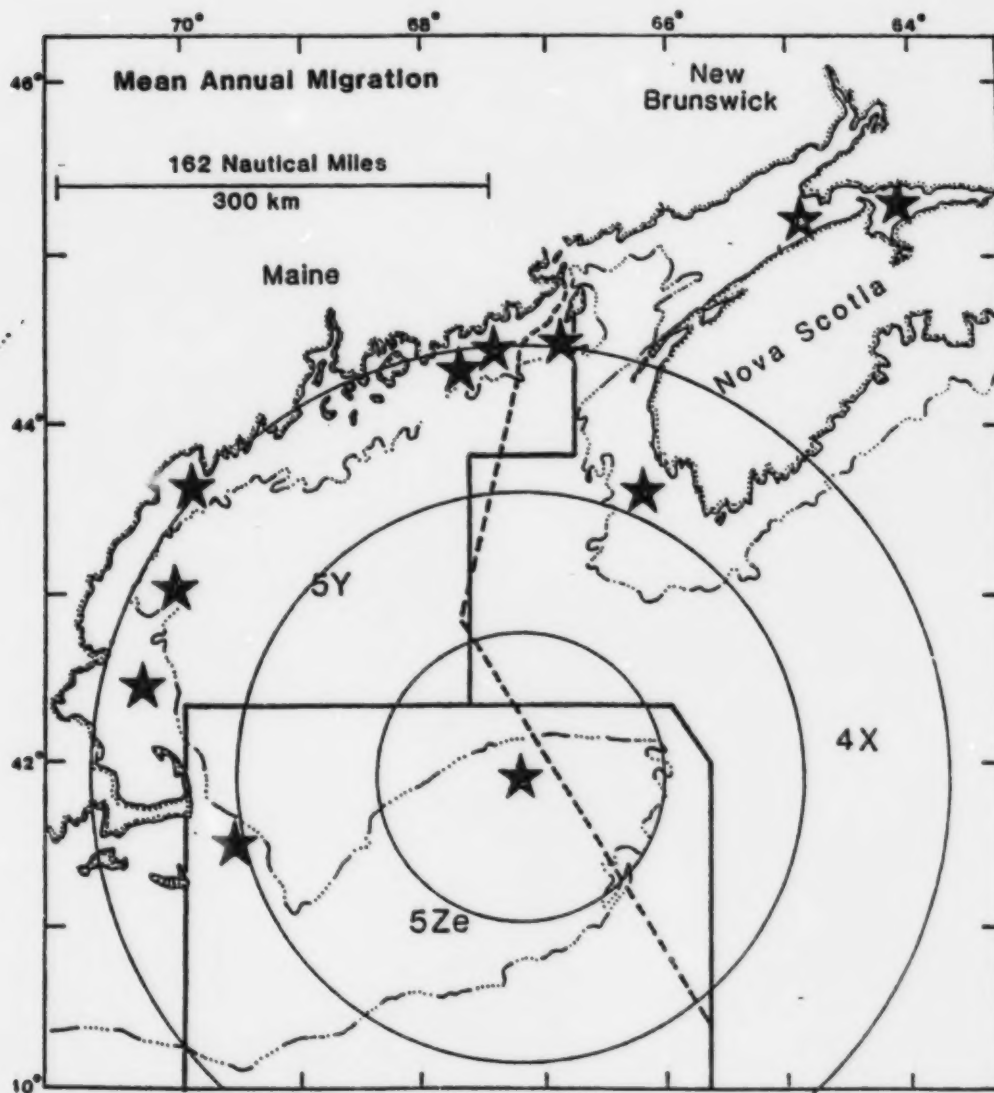
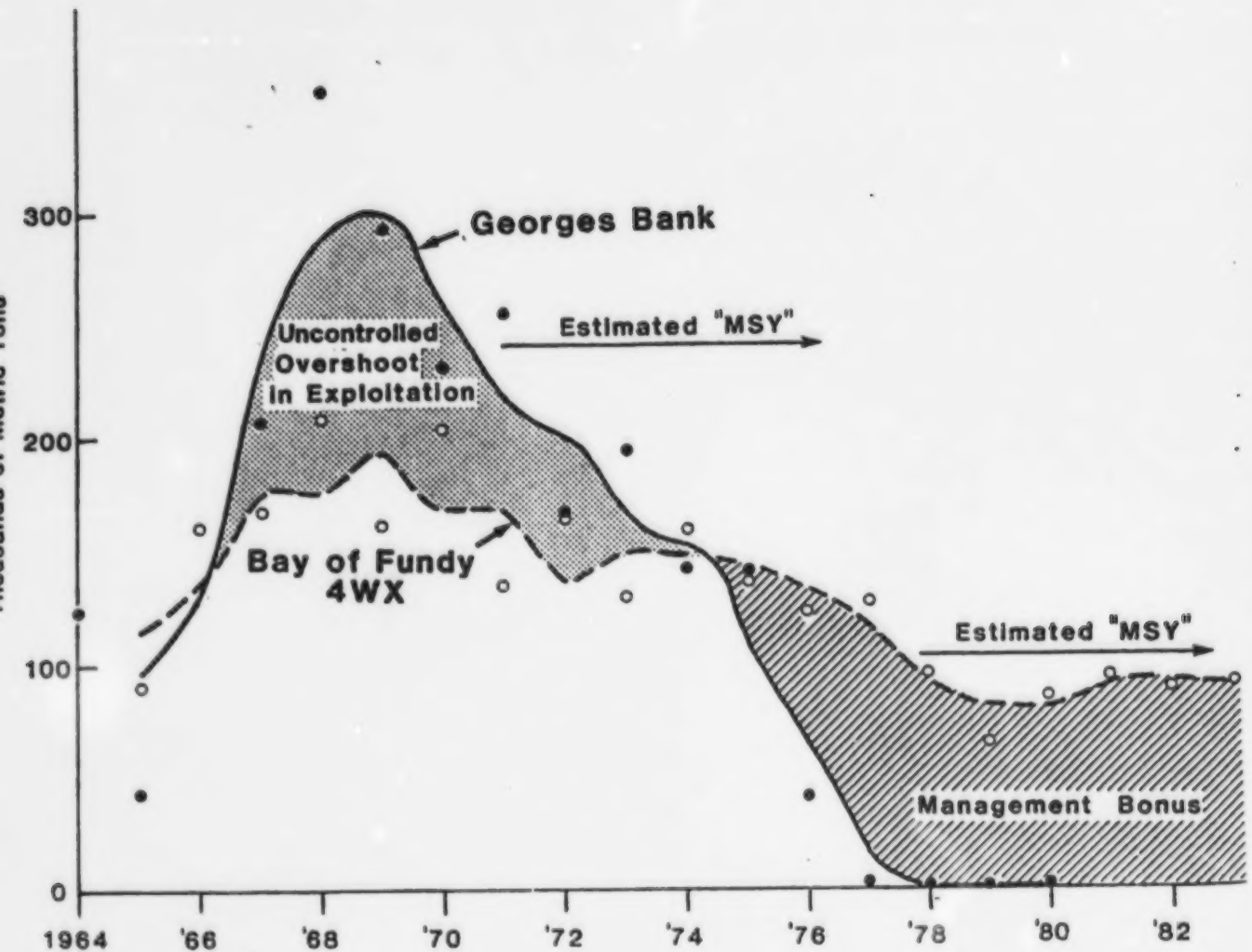


Fig. 3: Situation de deux stocks de harengs mettant en évidence les avantages de la gestion des ressources. Existe-t-il des stocks de harengs distincts?



2.2 DONNEES SUR LES CAPTURES: IMPORTANCE ET COMPLEXITE

Robert L. Stephenson
Direction des sciences
Région de Scotia-Fundy
Station biologique
St-Andrews (Nouveau-Brunswick)

Les données sur les captures revêtent une importance capitale au cours des évaluations. Les modèles analytiques utilisés couramment pour évaluer les stocks du golfe de Saint-Laurent et d'autres stocks de la côte est reposent sur des renseignements fournis par les pêcheurs commerciaux, dont les données les plus cruciales concernent les captures (voir aussi section 2,5). La présente section décrit, de façon générale, à quelles fins servent les données sur les captures pendant les évaluations et examine certaines difficultés auxquelles on se heurte au cours du rassemblement et de l'interprétation de ces renseignements. La majorité des exemples employés par l'auteur concernent le stock de harengs de la baie de Fundy (sous-région 4WX de l'OPANO), car c'est celui qu'il connaît le mieux.

2.2.1 Importance des données sur les captures

Les évaluations des stocks de harengs de la zone 4T et de la majorité des autres stocks du CCSCPA se fondent sur l'analyse séquentielle des populations (ASP) (voir aussi section 2,5). Au cours de l'ASP, les données relatives aux captures commerciales servent à établir un "tableau de captures" (tonnes de poissons capturés par catégorie d'âge) permettant d'évaluer les effectifs actuels de la population et de prévoir les tendances futures. Le schéma de la figure 1 donne les principales étapes de l'évaluation. Deux types de renseignements sont essentiels pour l'établissement du tableau des captures :

1. Captures totales : les captures totales, qui revêtent le plus d'importance, sont généralement calculées à l'aide des bordereaux d'achat, mais elles peuvent également être établies d'après les appels ou les journaux de bord.
2. Caractéristiques biologiques : le tableau des captures est établi en fonction de l'âge des poissons. Des sous-échantillons biologiques des prises des pêcheurs commerciaux servent à établir l'âge ainsi que d'autres caractéristiques biologiques (longueur et poids) des poissons (voir section 2,3). Bien que ces données ne soient pas aussi importantes que les captures totales, elles sont néanmoins essentielles.

La figure 2 résume les calculs effectués au moyen des données sur les captures. Les prises totales (déterminées au moyen des bordereaux d'achat) et la composition des captures en fonction de l'âge (déterminée d'après les échantillons biologiques) servent à établir un tableau des captures en

fonction de l'âge. Ces valeurs sont ajoutées aux valeurs des années antérieures présentées dans un tableau historique (voir figure 3). Le tableau des captures en fonction de l'âge sert ensuite à l'analyse séquentielle des populations.

2.2.2 Complexités propres aux données sur les captures

L'établissement des tableaux des captures en fonction de l'âge est complexe en raison d'un certain nombre de facteurs. Par exemple, les caractéristiques des captures en fonction de l'âge peuvent varier selon les zones d'exploitation, le moment des captures, les types d'engin employés et les marchés auxquels les poissons sont destinés. La présente section traite des principaux facteurs qui compliquent l'établissement du tableau des captures en fonction de l'âge dans la zone de pêche du hareng 4WX et montre comment on établit la matrice des captures en fonction de l'âge d'après la répartition des temps des captures, des zones exploitées et des types d'engins utilisés.

Les figures 4 et 5 donnent la répartition spatiale et temporelle des divers types d'engins employés dans la zone 4WX, où l'exploitation se poursuit pendant presque toute l'année. Les pêcheurs se servent de divers types d'engin et exploitent diverses zones selon le moment de l'année, ce qui se répercute de façon notable sur l'échantillonnage (voir section 2,3) et sur l'établissement du tableau des captures en fonction de l'âge, car les caractéristiques des poissons capturés diffèrent dans les divers segments des zones de pêche. Par exemple, d'après la figure 6, en 1985, dans les parcs de pêche de la zone 4Xa, les pêcheurs ont capturé principalement des poissons de 2 ans, tandis que dans la zone environnante 4X, les pêcheurs utilisant des filets maillants ont pris surtout des poissons de 4 ans. Phénomène prévisible, les captures sont plus ou moins sélectives selon le type d'engin employé (par exemple, filets maillants par rapport aux parcs), la zone exploitée (sud-ouest de la Nouvelle-Écosse par rapport à la baie Chedaboucto, île du Cap-Breton) et la saison (été par rapport à l'hiver). Cependant, les prises des pêcheurs utilisant, au même moment, un seul type d'engin de pêche, peuvent aussi varier dans la même région générale. La figure 7 indique les écarts entre le nombre de poissons en fonction de l'âge capturés par les pêcheurs à la senne coulissante dans deux zones adjacentes (carrés de 10 minutes) au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse au cours d'une période de deux mois. Dans une frayère fréquentée de tout temps par le hareng de l'éperon Trinité, les principales captures étaient celles de poissons de 4 et 5 ans (exploités pour leur roque). Toutefois, le pourcentage de captures de poissons de 2 et 3 ans était beaucoup plus élevé sur les hauts-fonds McDormands, situés à proximité (poissons destinés au marché de la sardine).

Comme ces données sont fort complexes, il faut examiner les renseignements sur les prises en fonction des types d'engins, des zones exploitées et du temps de la pêche (par exemple, le mois). Outre les captures totales, il faut connaître, de façon précise, le temps et l'endroit où les captures ont été effectuées et le type d'engin employé par les

pêcheurs. Il existe diverses façons d'obtenir ces données, mais ce sont probablement les journaux de bord qui sont les sources les plus fiables (voir section 2,45). La figure 8 donne la distribution des captures enregistrées pendant l'été de 1985 par carrés de 10 minutes dans la zone de pêche 4X à la senne coulissante, établie d'après les journaux de bord des pêcheurs.

2.2.3 Rapprochement des données sur les captures et les renseignements biologiques en vue de l'établissement de la matrice des captures

Quand on dispose d'une série assez complète de renseignements sur les captures provenant des pêcheurs, des registres des captures, des échantillons biologiques et des journaux de bord (emplacement, type d'engin, etc.), on peut les corréler pour établir une matrice des prises en fonction de l'âge plus précise tenant compte de paramètres propres à chaque mois, à chaque zone de pêche et à chaque type d'engin (voir figure 9). Aux fins des corrélations, les prises totales sont réparties parmi les diverses zones de pêche d'après les données fournies par les journaux de bord et elles sont mises en rapport avec l'échantillon biologique prélevé dans la zone la plus proche (figure 10). On obtient ainsi un certain nombre de corrélations mois/engin/zone pour la pêcherie (voir figure 11), qui servent finalement à établir la version finale de la matrice des captures en fonction de l'âge.

2.2.4 Conclusion

Dans la présente section, on a souligné l'importance des données sur les captures au cours de l'établissement de la matrice des captures en fonction de l'âge, sur laquelle repose l'évaluation des stocks. La figure 12 résume les avantages et les inconvénients relatifs de diverses sources de données sur les captures.

2.2.5 Bibliographie

- Chadwick, E.M. P. et G. A. Nielsen, 1986, Assessment of Atlantic herring in NAFO Division 4T, 1986, Document de recherche 86/38 du Comité consultatif scientifique canadien des pêches de l'Atlantique (CCSCPA).
- Stephenson, R.L., M. J. Power et T.D. Iles, 1986, Assessment of the 1985 4WX herring fishery, Document de recherche 86/43 du CCSCPA.
- Stephenson, R.L., M.J. Power, T.D. Iles et P.M. Mace, 1985, Assessment of the 1984 4WX herring fishery, Document de recherche 85/78 du CCSCPA.

2.2.6 Analyse

Un participant a demandé si les appels permettaient d'obtenir des données précises. La majorité croyait qu'ils le permettaient.

Question:

Avons-nous recours à des appels pour la zone 4I et les renseignements obtenus sont-ils inscrits dans les journaux de bord?

Réponse:

Les appels servent à déterminer le moment où les contingents sont épuisés et on utilise ensuite les bordereaux d'achat, les journaux de bord et les appels afin de calculer les captures totales. Par exemple, en 1985, à l'île-du-Prince-Édouard, on a fermé la zone de pêche en se basant sur des données fournies par les appels, et on n'a excédé les contingents que dans une proportion de 1,1 %.

Commentaire:

Cleary (1983) signale que les données obtenues à partir des journaux de bord des senneurs ne sont pas fiables et que les renseignements fournis ne sont exacts que lorsque le nombre de captures n'atteint pas les contingents.

Commentaire:

Selon certains, parce que les contingents ont été surveillés de façon plus rigoureuse au cours des dernières années, les données sur les prises obtenues à partir des appels sont peut-être plus fiables qu'antérieurement.

Question:

Existe-t-il deux ensembles de journaux de bord comme c'est le cas pour les poissons de fond?

Réponse:

Un seul journal de pêche standard a été utilisé; l'utilisation d'un journal de recherche n'a pas été autorisé.

Commentaire:

Par le passé, le manque de coordination de la part du MPO a entraîné un trop grand nombre d'erreurs. Si les pêcheurs et le MPO ne collaborent pas entre eux, aucune gestion "en temps réel" n'est possible.

Commentaire:

Les données sur les captures forment la base de l'évaluation des stocks. Des données précises relatives aux captures, et non pas aux débarquements, sont donc cruciales. Le fait de ne pas disposer de ces renseignements peut avoir de graves répercussions.

Fig. 1: Schéma du processus d'évaluation.

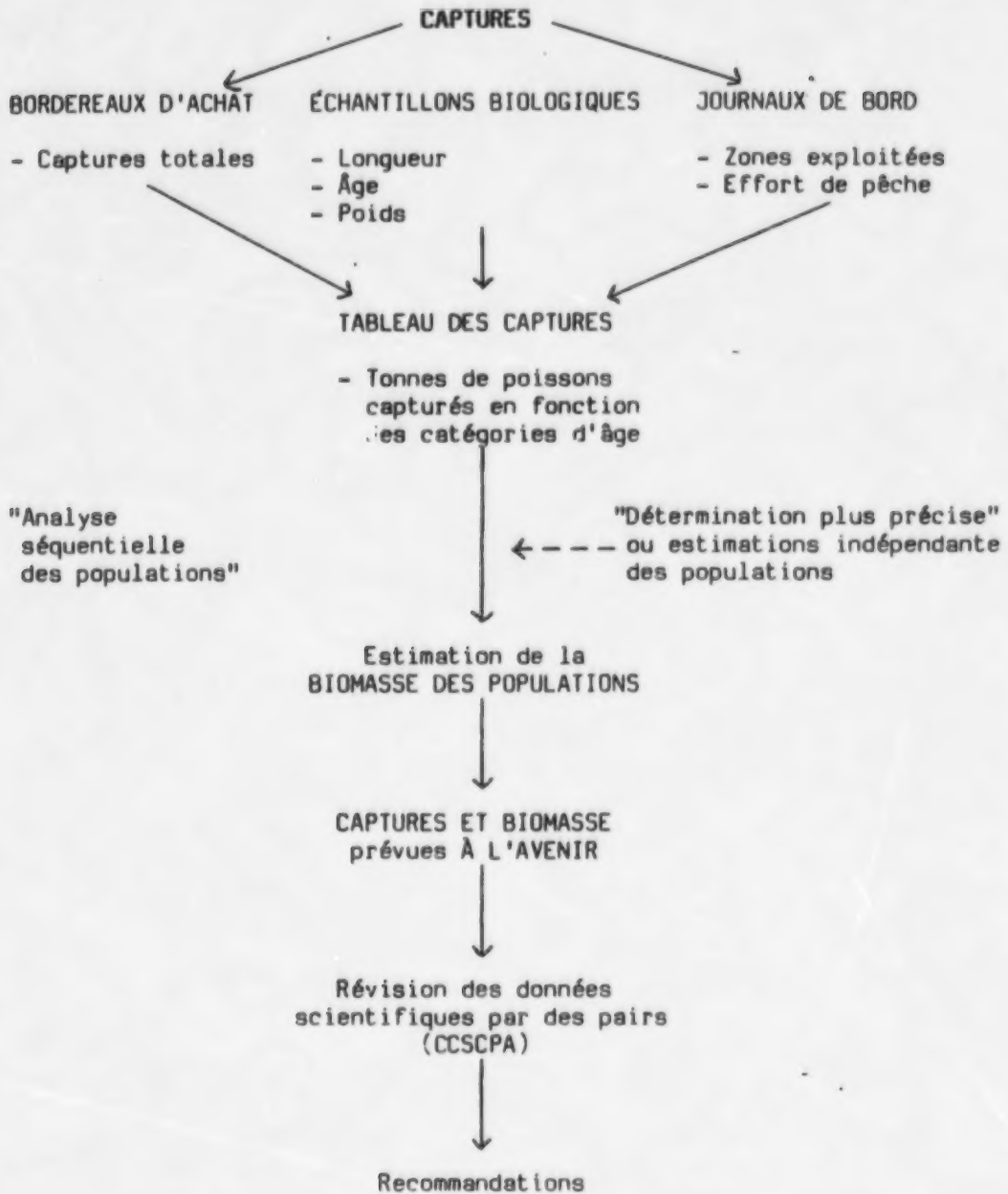


Fig. 2: Résumé des calculs effectués au cours de l'évaluation au moyen des données sur les captures.

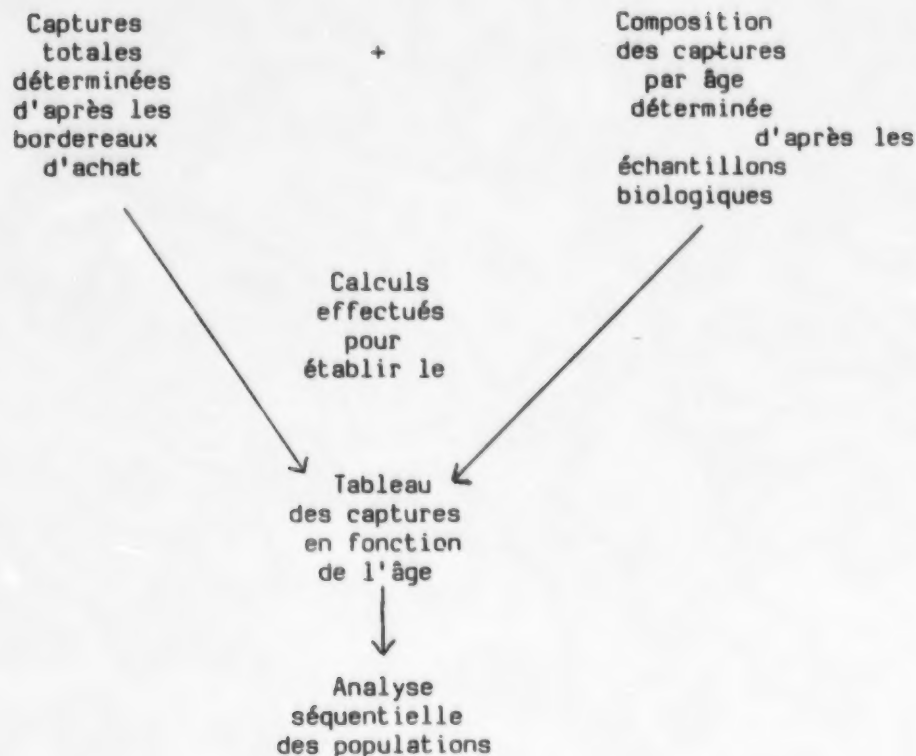


Fig. 3: Exemple d'un tableau des captures effectuées au cours des ans en fonction de l'âge (reproducteurs frayant en automne, zone de pêche aux filets maillants 4I - Chadwick et Nielsen, 1986). Noter les classes d'âge dont les captures sont relativement abondantes et peu abondantes (par exemple, 1977, chiffres entourés d'un cercle).

	1	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
2 I		1	1	1	1	5	1	25	1	1	1	0	0
3 I		125	1	39	122	351	129	7254	6851	3542	792	931	1638
4 I		4258	1602	276	1879	4389	7809	3293	28863	18645	21648	26518	15901
5 I		1765	8163	1455	340	3104	3821	4027	5537	23280	10465	14918	22616
6 I		515	1227	5839	253	593	1883	929	2471	5308	12544	12214	11093
7 I		1876	742	465	3215	614	402	836	974	2250	2223	6236	6417
8 I		180	616	243	133	3440	484	185	830	960	1782	1308	5050
9 I		2070	403	419	81	83	694	210	104	491	589	446	317
10 I		730	315	50	468	178	11	139	53	131	81	154	289
11+ I		4813	1800	2143	1162	1785	1418	620	866	61	260	171	154

Fig. 4: Répartition géographique des divers types d'engins utilisés dans la zone de pêche du hareng 4VWX en 1985. Résolution = carré de 10 minutes. Tirée de Stephenson et al., 1986.

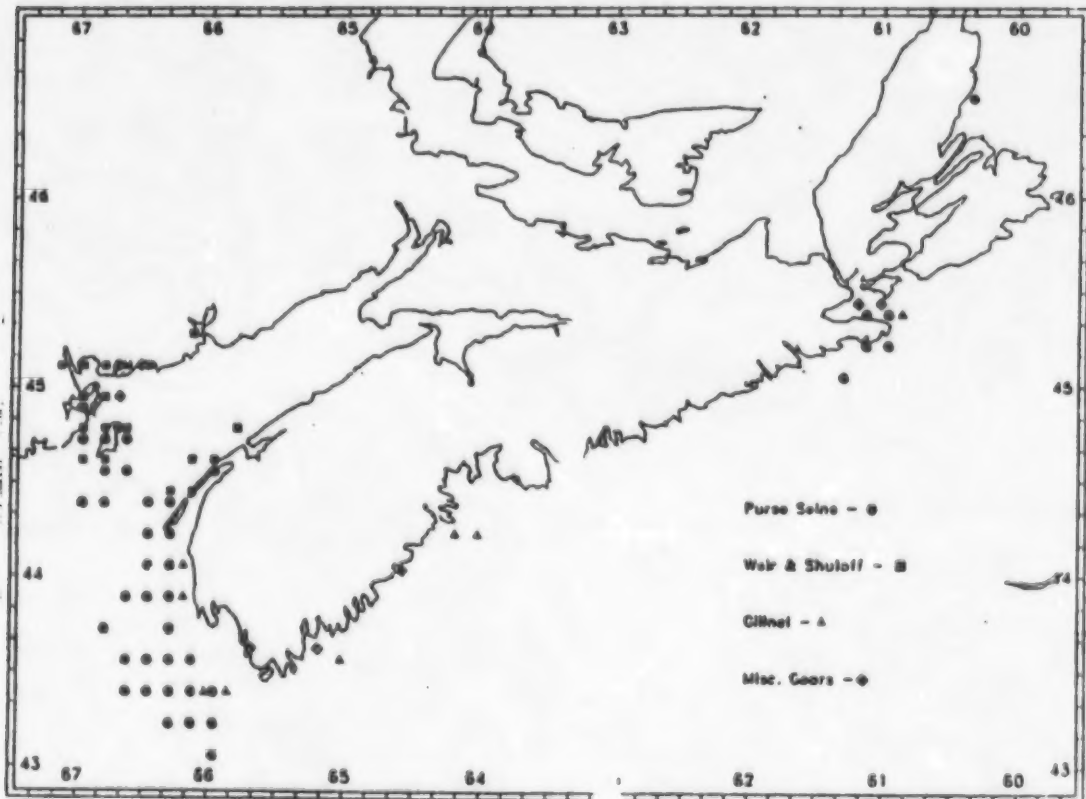


Fig. 5: Répartition saisonnière des activités par type d'engin dans la zone de pêche du hareng 4WX en 1985. Tirée de Stephenson et al. 1986.

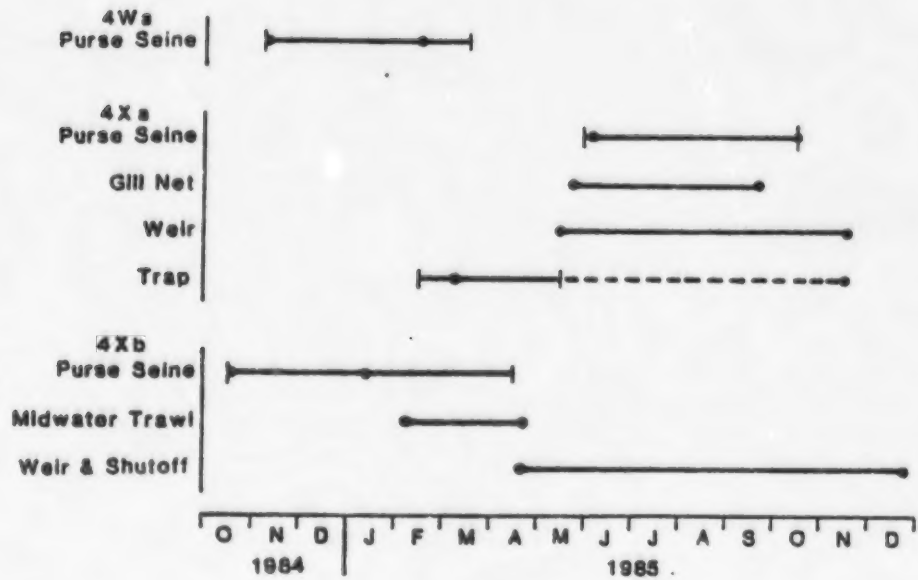


Fig. 6: Captures en fonction de l'âge dans divers segments de la zone de pêche du hareng 4WX. Tirée de Stephenson et al., 1986.

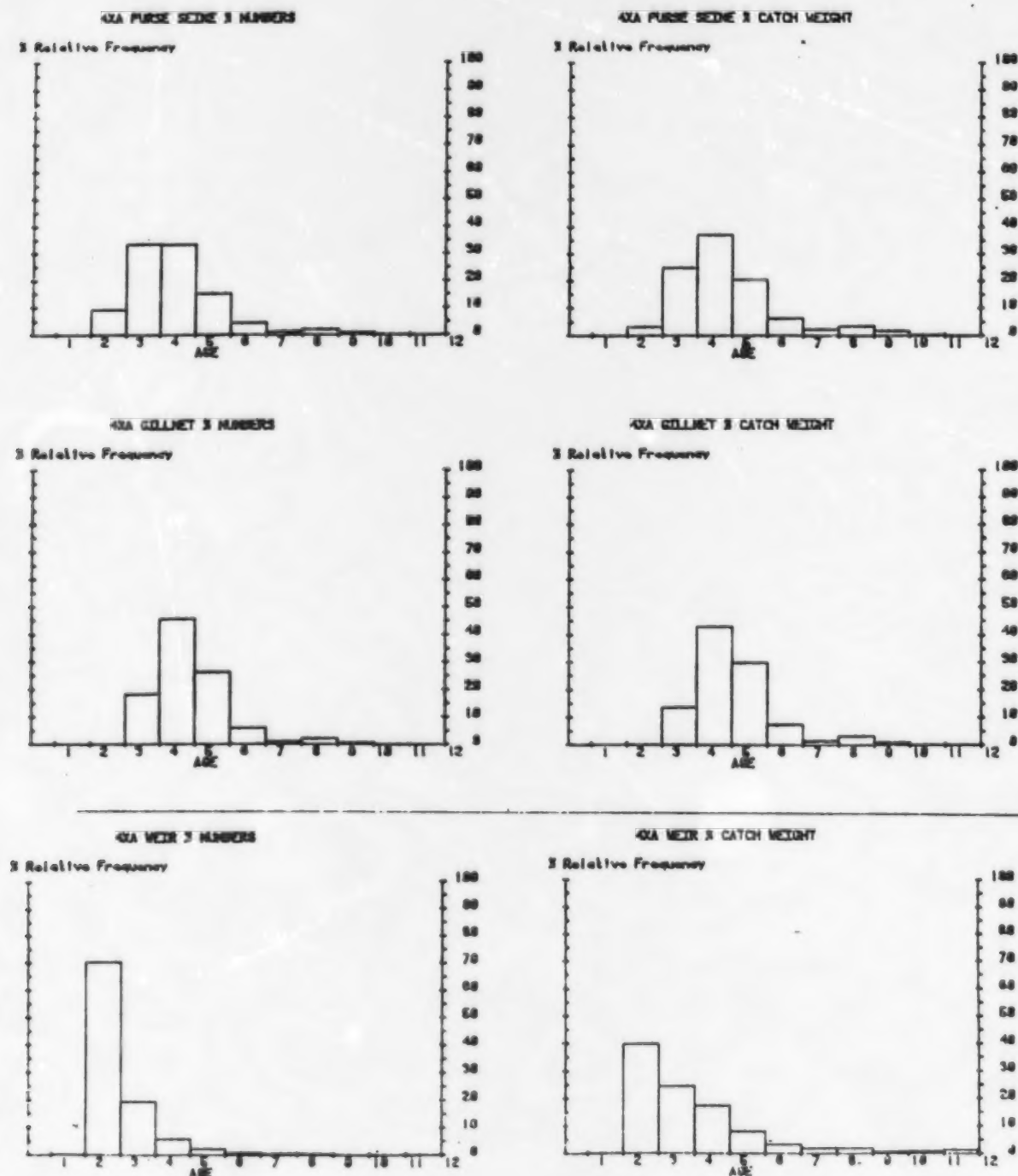


Fig. 7: Nombre de poissons en fonction de l'âge dans deux carrés de 10' adjacents dans la zone de pêche à la senne coulissante 4Xa (calculé au moyen de la fréquence des longueurs des individus mais en conservant les mêmes compositions en fonction de l'âge et poids des captures (poids présumé de 100 tonnes)). Trinité : carré 440-661 et 435 661; carré du haut-fond McDormand : 440662.

Le pourcentage de différence est calculé comme suit :
$$\frac{[(\text{Trinité} - \text{McDormands}) / (\text{Trinité} + \text{McDormands})] \times 100}{2}$$

		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	Total
Aug.	Trinité	9	58	214	112	22	17	23	5	1	2	461
	McDormande	123	256	202	61	11	5	6	1	0	0	664
	% diff.	173	126	6	59	67	109	117	133	200	200	36
Sept.	Trinité	2	74	222	120	6	10	22	9	2	3	471
	McDormande	491	144	129	58	3	6	16	6	1	4	860
	% diff.	198	64	53	70	67	50	32	40	67	29	58

Fig. 8: Résumé des captures de 1985 par carré de 10 po dans la zone de pêche à la senne coulissante 4X; captures déterminées d'après les données recueillies dans les journaux de bord. Tiré de Power et Stephenson, 1985.

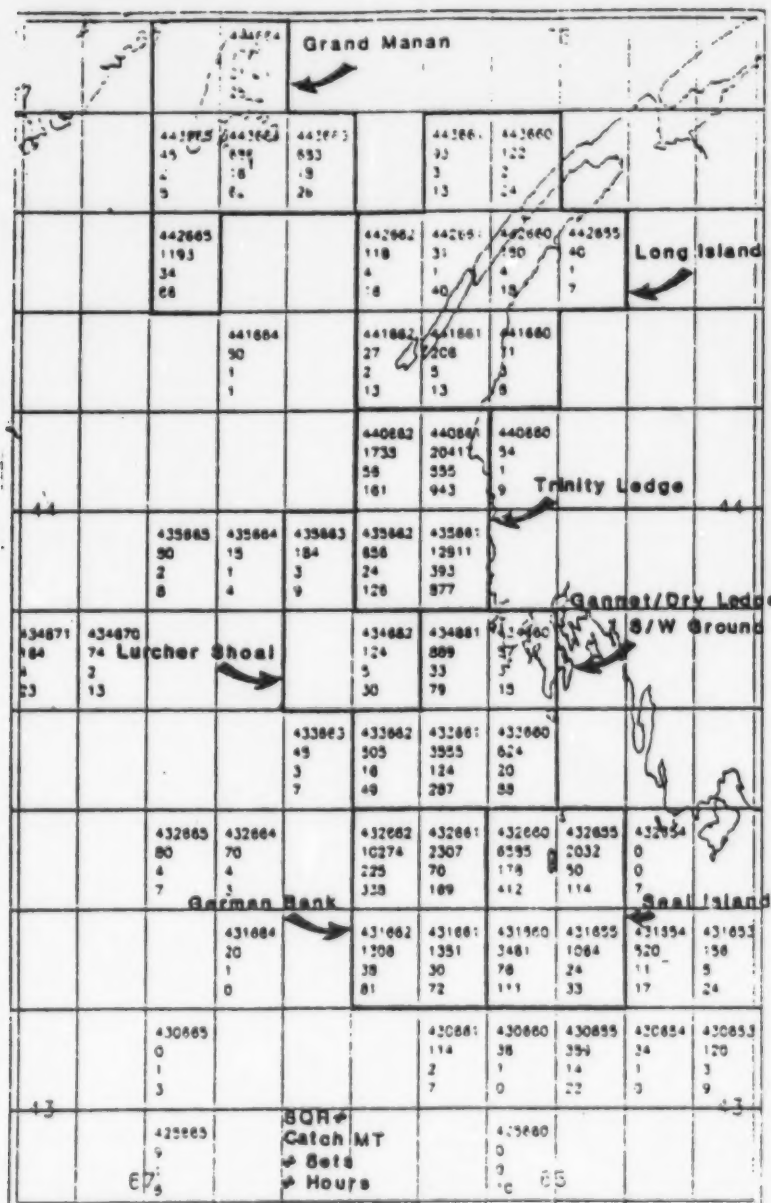


Fig. 9: Représentation schématique du rapprochement des données sur les captures et des renseignements obtenus à partir des échantillons biologiques et des journaux de bord afin de déterminer les captures en fonction de l'âge selon le mois, la zone et le type d'engin.

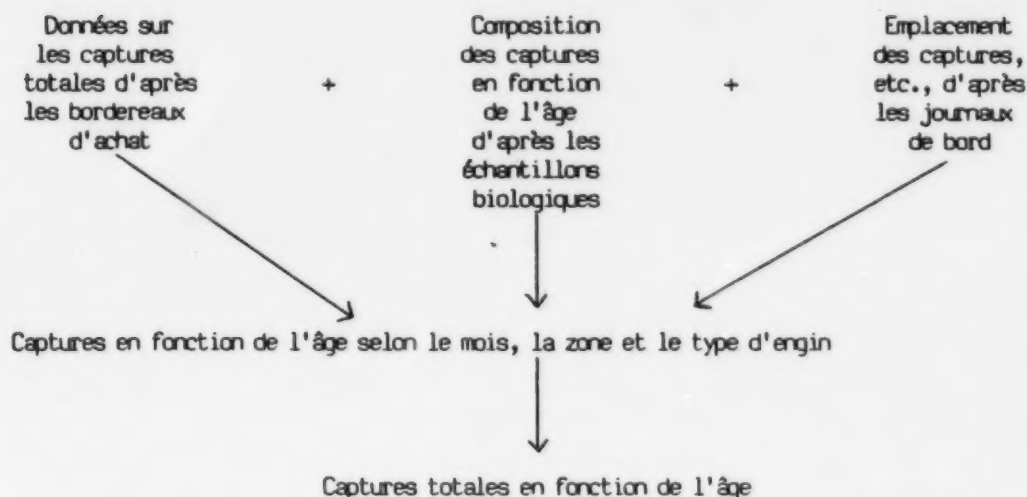


Fig. 10: Exemple hypothétique de corrélation de données de captures et de renseignements obtenus à partir des échantillons biologiques en vue de l'évaluation des stocks de harengs dans la zone de pêche 4WX.

Exemple: corrélation avec les données des échantillons dans la zone de pêche du hareng 4WX

Débarqu. mensuels	Carré journal de bord	Captures journal de bord	Ajust. journal de bord	Fréq. des long. No. de mesures	Nombre de poissons pour étude détaillée	Captures en fonction de l'âge			Total
						1 ans	2 ans	3 ans	
1000	A	50	111.10	0	0				
	B	100	222.20	300	50	30	200	103	333
	C	300	666.70	400	150	67	400	200	667
Totaux		450	1000	700	200	97	600	303	1000

Fig. 11: Répartition des échantillons biologiques dans la zone de pêche commerciale du hareng 4WX en 1985; poissons pour ét. dét. = nombre de poissons capturés pour l'étude détaillée, incluant les âges, échantillons FL = nombre d'échantillons prélevés pour la détermination de la fréquence des longueurs, poissons FL = nombre de poissons mesurés.

Gear component	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
4Xa purse seine - detail fish		737	366	701	*										
- LF fish		4445	2765	7381											
- LF samples		22	14	37											
- catch (t)		2379	2517	3452	403										
4Xa purse seine - detail fish									86*	1080	1467	1085	4670		
- LF fish									1708	22990	21841	6824	2986		
- LF samples									8	110	110	42	19		
- catch (t)									290	12393	30646	37133	6705		
4Xb purse seine - detail fish	6980	230		100*											
- LF fish	3286	1728		705											
- LF samples	28	11		4											
- catch (t)	2431	1892		1096											
4Xa gillnet (4XOON) - detail fish								*	*	*	265	217			
- LF fish									180		4302	6111			
- LF samples									1		22	28			
- catch (t)								88	86	60	1944	3406			
4Xa NS veir (4XR) - detail fish								134*	455	936	285				
- LF fish								995	3770	5696	1383				
- LF samples								5	20	34	8			11	
- catch (t)								378	1803	1381	489				
4Xa NS trap (4XMOQ) - detail fish								139*	102*	*	*				
- LF fish								714	290						
- LF samples								3	2						
- catch (t)								190	446	406	201	47	13	1	
4Xb mid trawl - detail fish				18*	166	40									
- LF fish				142	2066	374									
- LF samples				1	10	2									
- catch (t)				52	6	40									
4Xb veirs - detail fish								94	45*	1082	1129	761	706	134*	*
- LF fish								1054	476	9796	9085	4898	4351	929	
- LF samples								6	3	64	60	30	28	6	
- catch (t)								23	84	4214	8451	6910	4825	2079	138
4Xb shutoff - detail fish										*	14*	70*	122*	*	
- LF fish											132	285	1245		
- LF samples											1	2	8		
- catch (t)							36			73	184	208	288	306	44
4WX misc. - detail fish								139*	102*	87*	299*	217*			
- LF fish								861	470	924	4520	5764			
- LF samples								*	3	9	24	28			
- catch (t)					12		25	277	210	871	192	21	4		

*Cells undersampled according to criteria of 200 detail fish per gear type per month with >50 t catch.

*Combined monthly detail and LF information used (4X gillnet, 4X trap + 4W gillnet);

*Oct. 1-14; *Oct. 15-31.

Fig. 12: Avantages et inconvénients relatifs des sources potentielles de données sur les captures.

Source	Avantages	Inconvénients
Bordereaux d'achat	<ul style="list-style-type: none">- Devrait permettre de déterminer les débarquements totaux (mesurés)	<ul style="list-style-type: none">- Ne donne aucun renseignement sur les poissons remis en liberté.- Souvent inexact à cause des rabais.- Peuvent comprendre les captures de plusieurs zones
Appels	<ul style="list-style-type: none">- Donne l'emplacement précis et des renseignements sur les bateaux	<ul style="list-style-type: none">- Fournissent des estimations plutôt que des mesures exactes
Journaux de bord	<ul style="list-style-type: none">- Fournit des renseignements complets sur les captures et l'emplacement où les poissons ont été capturés	<ul style="list-style-type: none">- Fournissent des estimations plutôt que des mesures exactes
Poids du produit	<ul style="list-style-type: none">- Donne habituellement des renseignements complets	<ul style="list-style-type: none">- Ne fournit que des estimations approximatives

2.3 ECHANTILLONNAGE DES ZONES DE PECHE DE HARENG DANS LE SUD DU GOLFE DU SAINT-LAURENT

Michael Chadwick
Direction des sciences, région du Golfe
Centre des pêches de la région du golfe
Moncton (N.-B.)

2.3.1 Objectif

L'objectif du programme d'échantillonnage est d'évaluer la taille moyenne des poissons capturés et leur composition en fonction de l'âge dans toutes les zones de pêche du hareng. La composition des captures en fonction de l'âge donne la proportion de poissons de chaque catégorie d'âge qui sont capturés. Comme le précise une section ultérieure, on multiplie les valeurs obtenues par les débarquements pour déterminer le nombre de poissons capturés dans chaque catégorie d'âge. Le point qui nous intéresse est dû au fait qu'il existe plus d'une zone de pêche. Les harengs sont capturés au moyen de nombreux types d'engins, dans de nombreuses zones et à divers moments de l'année. Chaque type d'engin, de zone de pêche et chaque saison représente un type de pêche distinct qui peut toucher des harengs de divers types et tailles et un échantillonnage adéquat doit être effectué dans tous les cas.

2.3.2 Historique

Il importe d'établir une distinction entre les termes "capture" et "stock". Les captures sont les poissons d'un stock qui sont pris par les pêcheurs et, parce que la pêche de ces poissons est souvent sélective, le type de poisson composant les captures peut différer du poisson moyen composant le stock. En conséquence, le programme d'échantillonnage ne s'intéresse qu'aux captures. Dans une section ultérieure, on expliquera comment ces renseignements servent à évaluer la structure des stocks, c'est-à-dire l'aspect réel des stocks.

De fait, le golfe du Saint-Laurent comporte plusieurs stocks. D'après les évaluations actuelles, on présume qu'il en existe deux dans cette région : un stock de reproducteurs qui fraient au printemps, d'avril à juillet, et un stock de reproducteurs qui fraient en automne, de juillet à octobre. Le programme d'échantillonnage biologique doit donc non seulement viser à déterminer l'âge et la taille des poissons capturés mais il doit aussi tenir compte du stock dont ces poissons proviennent.

Etant donné que les échantillons doivent être représentatifs des captures, il peut être bon d'examiner la sélectivité des divers types d'engins utilisés. Les deux principaux types employés sont les filets maillants et les sennes coulissantes. Le maillage des filets maillants peut varier de 1 5/8 à 3 1/4 po. En général, les filets dont les mailles sont plus petites permettent de capturer les harengs de petite taille (voir figure 1).

Les sennes coulissantes peuvent aussi être sélectives. Selon le marché visé, les capitaines des senneurs peuvent éviter les bancs de petits harengs.

La taille des poissons peut aussi varier en fonction de la saison. Par exemple, pendant la saison de pêche printanière, qui s'étend d'avril à juin, les harengs capturés sont généralement plus petits que ceux qui sont pris au cours de la saison de pêche d'automne, qui commence en juillet et se termine en novembre. Les échantillons prélevés doivent être représentatifs des deux saisons de pêche.

Enfin, la taille des poissons peut aussi différer selon les zones de pêche exploitées. D'après la figure 2, la taille des harengs de la baie des Chaleurs diffère de celle des harengs de Pictou, en dépit du fait que les échantillons prélevés proviennent des captures effectuées au cours de la même saison et au moyen des mêmes engins de pêche dans les deux zones.

2.3.3 Échantillons utilisés pour déterminer la fréquence des longueurs

La première étape d'un programme d'échantillonnage consiste à prélever des échantillons servant à déterminer la fréquence en fonction des longueurs dans toutes les zones exploitées pendant toute la durée de la saison de pêche. Un tel échantillon comporte 200 poissons ou plus qui ont été prélevés de façon aléatoire parmi les captures d'un pêcheur. On mesure chaque poisson (par catégorie de 0,5 cm) depuis le nez jusqu'à l'extrémité de la queue, et chaque valeur est inscrite sur une feuille. Lorsque tous les poissons ont été mesurés de la sorte, on obtient le nombre de poissons de chaque catégorie de longueur, ce qui donne un échantillon de la fréquence des longueurs (figure 3).

Il est très important que les poissons qui seront mesurés soient prélevés de façon aléatoire; en d'autres termes, l'échantillon doit être représentatif des captures à bord du bateau de pêche. On recueille habituellement en vrac les échantillons au moyen d'un seau; les prélèvements ainsi obtenus sont jugés représentatifs car on ne peut sélectionner ni les petits ni les grands individus.

Dans chaque zone, la fréquence des longueurs est enregistrée quotidiennement pendant toute la saison de pêche. À la fin de celle-ci, toutes les valeurs sont additionnées les unes aux autres et la répartition des fréquences des longueurs, à savoir le pourcentage des poissons de chaque longueur capturés, est établie pour chacune des principales zones d'échantillonnage.

Quatre importantes zones font l'objet de l'échantillonnage : les îles-de-la-Madeleine, le détroit Northumberland (dont les côtes du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard et de la Nouvelle-Écosse qui donnent sur le détroit), la baie Miramichi (de Pokemouche vers le sud jusqu'à Buctouche), le nord-ouest de l'Île-du-Prince-Édouard et enfin, les régions de la baie des Chaleurs et de Gaspé. On estime que les stocks de

chacune de ces zones peut différer les uns des autres et, par conséquent, la fréquence des longueurs est déterminée pour chacune d'entre elles.

2.3.4 Échantillons pour l'étude détaillée

Outre la longueur, on détermine le poids, le sexe, le stade de maturité et l'âge de certains poissons. Étant donné que la détermination de l'âge des harengs est coûteuse et longue, on recueille moins d'échantillons pour l'étude détaillée que pour la détermination de la fréquence des longueurs. Un échantillon destiné à l'étude détaillée comporte deux poissons de chaque catégorie de longueur (fréquences d'un demi-centimètre), lesquels proviennent du même seau de poissons utilisé pour la détermination de la fréquence des longueurs. En général, l'échantillon comprend, au total, 50 poissons, qui sont surgelés et transportés au laboratoire de Moncton.

Les études détaillées servent à évaluer de quel stock de reproducteurs proviennent les captures de chaque zone ainsi que l'âge et le poids moyen des prises. L'état des gonades permet de déterminer de quel groupe de reproducteurs proviennent les captures. On présume que les poissons dont les gonades sont aptes à la reproduction fraient au moment de l'échantillonnage. Les reproducteurs n'ayant pas atteint la maturité et les poissons qu'ils sont identifiés au moyen des otolithes. Les otolithes qui sont des os des oreilles, sont retirés de la tête des harengs et stockés dans des plateaux en plastique. Les otolithes des harengs qui fraient en automne tendent à avoir une forme plus carrée et leurs centres ont tendance à être plus gros que ceux des poissons qui fraient au printemps.

L'âge des harengs est déterminé en comptant le nombre de cercles concentriques annuels sur les otolithes. On présume que l'anniversaire de tous les harengs est le 1^{er} janvier. Par conséquent, on compte un cercle de plus (année supplémentaire) pour les otolithes des reproducteurs qui fraient en automne.

Les échantillons prélevés pour l'étude détaillée servent finalement à calculer le poids moyen, le pourcentage des poissons appartenant aux deux groupes de reproducteurs et le pourcentage de poissons en fonction de l'âge de chaque catégorie de longueur (fréquences d'un demi-centimètre) de la totalité des échantillons prélevés pour calculer la fréquence des longueurs.

2.3.5 Captures en fonction de l'âge

Le tableau des captures en fonction de l'âge donne simplement le nombre de poissons capturés pour chaque catégorie d'âge dans chaque grande zone d'échantillonnage. Des estimations distinctes sont effectuées pour les reproducteurs qui fraient au printemps et ceux qui fraient en automne. Les calculs se font en trois étapes. D'abord, il faut estimer le nombre de poissons capturés, ce qui s'accomplit également en trois étapes: 1) le poids moyen des poissons de chaque catégorie de longueur est pondéré ou ajusté en fonction de la répartition des fréquences des longueurs afin de déterminer le poids moyen global; 2) le poids total des débarquements de chaque zone

d'échantillonnage est divisé par le poids moyen global afin d'obtenir le nombre total de poissons capturés; et 3) la répartition de la fréquence des longueurs est multipliée par le nombre total des poissons capturés pour obtenir le nombre de captures en fonction de chaque longueur.

En deuxième lieu, on estime l'abondance de chaque groupe de géniteurs. Pour ce faire, on multiplie les captures en fonction des longueurs par le nombre de reproducteurs de chaque catégorie de longueur fraillant au printemps et en automne.

Finalement, on calcule les captures en fonction de l'âge en multipliant les captures en fonction des longueurs par l'âge en fonction des longueurs, qui est simplement le pourcentage des poissons de divers âges qui se classent dans chaque catégorie de longueur (figure 4); des calculs distincts sont effectués pour les reproducteurs qui fraient au printemps et en automne et pour chaque grande zone d'échantillonnage.

2.3.6 Poids en fonction de l'âge

Le poids moyen des poissons en fonction de l'âge est calculé à partir de tous les échantillons prélevés aux fins de l'étude détaillée qui ont été pondérés en fonction des captures de chaque grande zone d'échantillonnage.

Si l'échantillonnage est effectué de façon appropriée, le poids total des débarquements devrait être égal au poids moyen en fonction de l'âge multiplié par les captures en fonction de l'âge de toutes les catégories d'âge des deux groupes de géniteurs. Cette méthode est employée couramment pour vérifier l'exactitude des calculs.

2.3.7 ANALYSE

La présentation comportait trois points:

1) Objectifs de l'échantillonnage

- déterminer i) le nombre de tonnes de poissons capturés dans chaque catégorie d'âge
ii) le poids moyen des poissons dans chaque catégorie d'âge
- rassembler des données sur les captures (et non sur les populations)
- dans la zone 4I, on note des difficultés à cause du fait qu'il existe deux groupes de reproducteurs: ceux qui fraient au printemps et ceux qui fraient en automne.

2) Elimination des biais au cours de l'échantillonnage

- les écarts dus aux divers types d'engins, à la taille des mailles des filets, aux saisons de pêche et aux zones exploitées compliquent l'échantillonnage;
- il importe donc de tenir compte de ces facteurs au cours de l'échantillonnage;
- deux modes d'échantillonnage sont employés :
 - il est facile de mesurer la longueur des poissons - on mesure des milliers de poisson
 - le prélèvement d'échantillons des diverses catégories d'âge et des reproducteurs (étude biologique détaillée) est plus difficile - le nombre des échantillons est limité à 5 000 par an
 - ces échantillons doivent être représentatifs de la diversité des poissons.

3) Conversion du nombre de tonnes de poisson en captures en fonction de l'âge

- étapes ii) - les clés âge/longueur permettent de classer les poissons de diverses longueurs en fonction de leur âge
 - ii) - les captures sont pondérées en fonction des catégories d'âge
 - ii) - on détermine les captures en fonction de l'âge (nombre) selon le type d'engin employé, la zone exploitée, etc.
 - ii) - il faut établir une distinction entre les reproducteurs qui fraient au printemps et ceux qui fraient à l'automne.

Question:

Comment Pêches et Océans peut-il faire en sorte que l'échantillonnage soit systématique?

Réponse:

L'échantillonnage n'est pas toujours systématique à cause d'un manque de communication, particulièrement vers le début de la saison de pêche printanière. En outre, les pêcheurs doivent être disposés à collaborer et les transformateurs doivent veiller à ce que les échantillons soient surgelés.

Question:

Le programme d'échantillonnage tient-il compte des variations de la taille des mailles?

Réponse:

La taille des mailles est cruciale pour la détermination de l'indice des CPUE.

Question:

Une distinction doit-elle être faite entre les filets fixes et les filets dérivants de même maillage?

Réponse:

Non, aucune distinction ne doit être faite à cet égard.

Question:

Pourquoi les pêcheurs d'Escuminac et de Val Comeau utilisent-ils des filets de maillages différents?

Réponse:

Les pêcheurs qui exploitent les stocks d'Escuminac au printemps approvisionnent le marché de hareng saur et préfèrent donc capturer des poissons de 10-11 pouces plutôt que des poissons de 12 pouces. Ce n'est peut-être pas parce que les poissons des frayères d'Escuminac sont généralement de petite taille que les pêcheurs de cette zone débarquent de petits poissons, mais plutôt pour satisfaire la demande. En général, les harengs d'Escuminac ne sont pas gros.

Commentaire:

Dans les zones de pêche non exploitées, peut-on supposer que le fait qu'aucun contingent ne soit accordé et, par conséquent, qu'aucun débarquement ne soit effectué, donne l'impression qu'il n'y a pas de poisson dans ces eaux?

Commentaire:

Le fait que, dans certaines zones, l'on ne procède pas à un échantillonnage systématique n'entraîne pas une réduction des contingents; les contingents sont déterminés en fonction de l'état général des stocks.

Commentaire:

La diffusion des données provenant d'études biologiques (par exemple, étude du banc Fisherman de 1984) est inadéquate.

Fig. 1: Fréquence des longueurs des échantillons de captures commerciales les échantillons étaient de la pêche de l'automne de Caraquet, 1986, pour les filets maillants suivantes:

en dessus - 2,37 pouces
milieu - 2,50 pouces
en dessous - 2,62 pouces

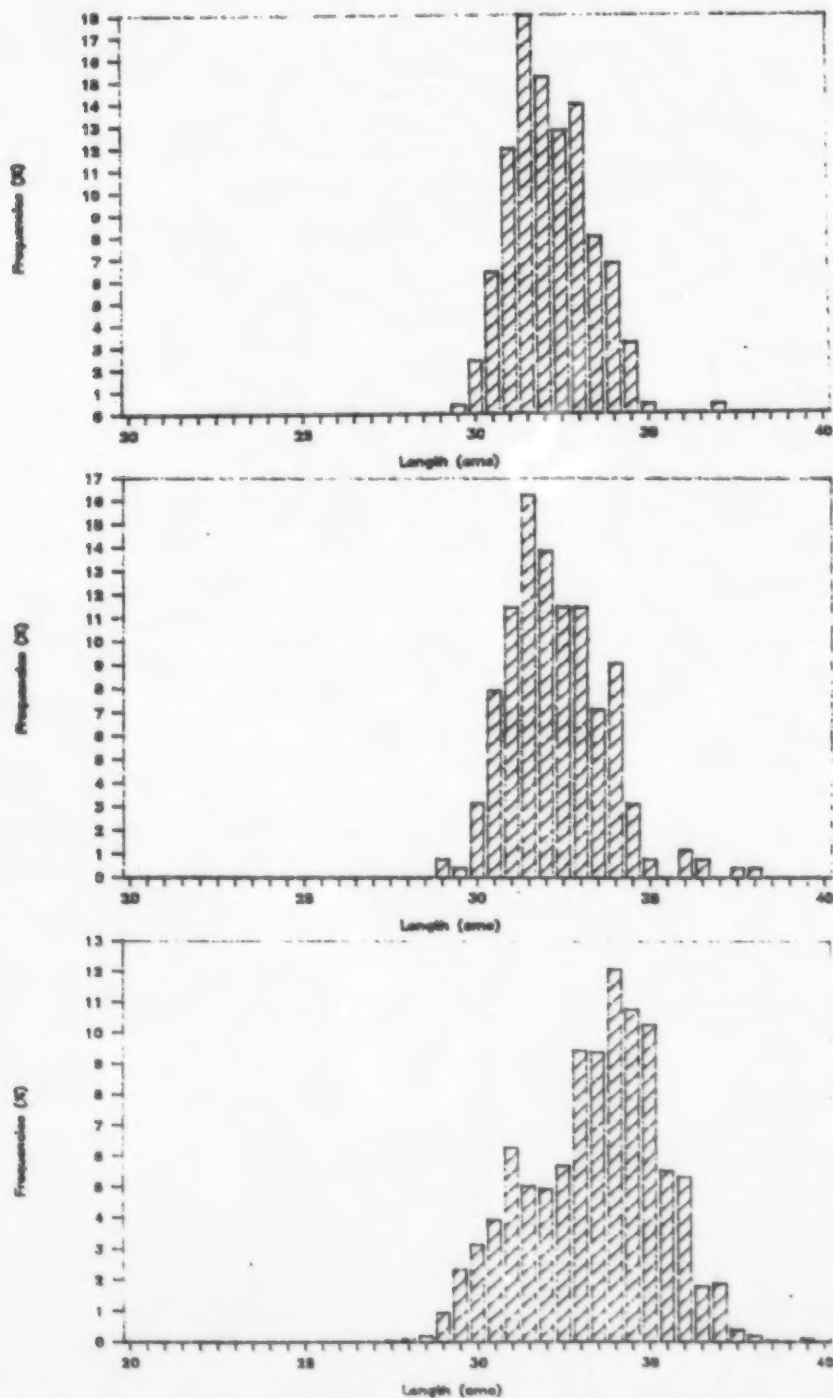


Fig. 2: Fréquence des longueurs des échantillons de captures commerciales pour les filets maillants de 2 5/8 pouces dans la pêcherie de l'automne en 1986:

en dessous Pictou, N.-É., en bas Caraquet, N.-B.

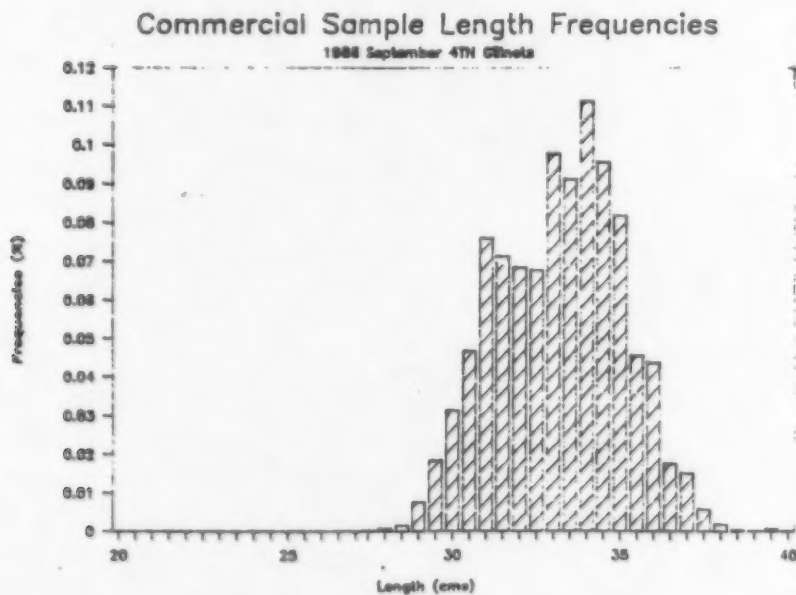
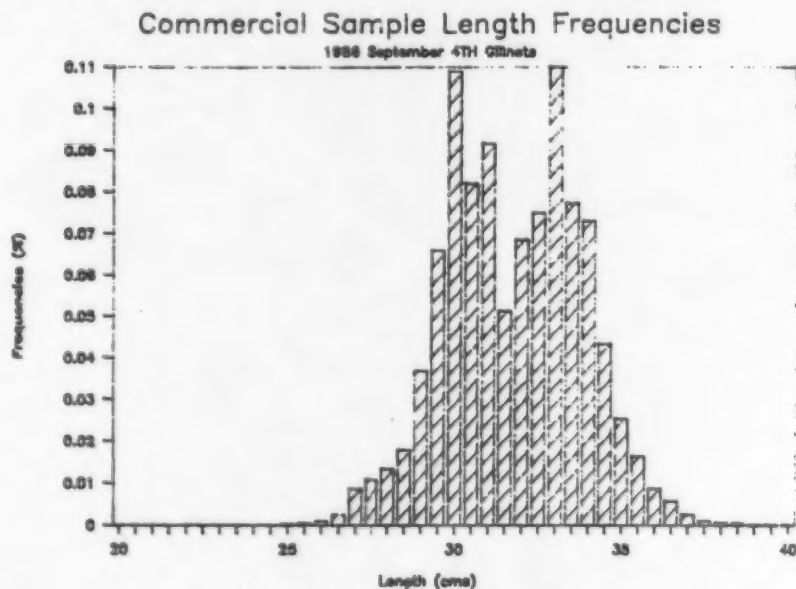


Fig. 3: Une exemplaire d'une feuille de fréquence des longueurs dont on échantillonne la pêcherie commerciale:

ECHANTILLONNAGE COMMERCIAL SAMPLING									
TYPE CO. 8	DIST. 26.5	Set No. 001	L. PECH. / F. LOC. 47.1	DATE 1.31.0106					
TYPE EXP. 9.6	ENGIN / GEAR P. 5. 1.	MAILLE / MESH 1.25	PROF. EN. / GEAR DEPTH 0.13	BATEAU L. MONT SHIP L. G.A. 0.99					
SET INFORMATION					DEBUT/START				
SET WEIGHT (lbs.) 25.0000			LAT. / LORAN-C 48.28.1.2						
SET RELEASED			LONG. / LORAN-C 64.14.29						
SET KEPT			HEURE / TIME 2.043						
CODE SP. 0.0.6.0			Pg. ECH. / SAMPL. WT. 1.25		Sonar on 18:00 hrs Set Finished 22:20 hrs 315 fish measured				
Sample # 23									
LEN. INT. LONG. 1=1 2=2.5	DECOMPT. / TALLY	1=1 cm 2=2 mm	TOT.	LEN. INT. LONG. 1=1 2=2.5	DECOMPT. / TALLY	1=1 cm 2=2 mm	TOT.		
0.0			1.0	0.0			1.0		
0.5			1.1	0.5			1.1		
1.0			1.2	1.0			1.2		
1.5			1.3	1.5			1.3		
2.0			1.4	2.0			1.4		
2.5			1.5	2.5			1.5		
3.0			1.6	3.0			1.6		
3.5			1.7	3.5			1.7		
4.0			1.8	4.0			1.8		
4.5			1.9	4.5			1.9		
5.0			2.0	5.0			2.0		
5.5			2.1	5.5			2.1		
6.0			2.2	6.0			2.2		
6.5			2.3	6.5			2.3		
7.0			2.4	7.0			2.4		
7.5			2.5	7.5			2.5		
8.0			2.6	8.0			2.6		
8.5			2.7	8.5			2.7		
9.0			2.8	9.0			2.8		
9.5			2.9	9.5			2.9		
10.0			3.0	10.0			3.0		
10.5			3.1	10.5			3.1		
11.0			3.2	11.0			3.2		
11.5			3.3	11.5			3.3		
12.0			3.4	12.0			3.4		
12.5			3.5	12.5			3.5		
13.0			3.6	13.0			3.6		
13.5			3.7	13.5			3.7		
14.0			3.8	14.0			3.8		
14.5			3.9	14.5			3.9		
15.0			4.0	15.0			4.0		
15.5			4.1	15.5			4.1		
16.0			4.2	16.0			4.2		
16.5			4.3	16.5			4.3		
17.0			4.4	17.0			4.4		
17.5			4.5	17.5			4.5		
18.0			4.6	18.0			4.6		
18.5			4.7	18.5			4.7		
19.0			4.8	19.0			4.8		
19.5			4.9	19.5			4.9		
20.0			5.0	20.0			5.0		
20.5			5.1	20.5			5.1		
21.0			5.2	21.0			5.2		
21.5			5.3	21.5			5.3		
22.0			5.4	22.0			5.4		
22.5			5.5	22.5			5.5		
23.0			5.6	23.0			5.6		
23.5			5.7	23.5			5.7		
24.0			5.8	24.0			5.8		
24.5			5.9	24.5			5.9		
25.0			6.0	25.0			6.0		
25.5			6.1	25.5			6.1		
26.0			6.2	26.0			6.2		
26.5			6.3	26.5			6.3		
27.0			6.4	27.0			6.4		
27.5			6.5	27.5			6.5		
28.0			6.6	28.0			6.6		
28.5			6.7	28.5			6.7		
29.0			6.8	29.0			6.8		
29.5			6.9	29.5			6.9		
30.0			7.0	30.0			7.0		
30.5			7.1	30.5			7.1		
31.0			7.2	31.0			7.2		
31.5			7.3	31.5			7.3		
32.0			7.4	32.0			7.4		
32.5			7.5	32.5			7.5		
33.0			7.6	33.0			7.6		
33.5			7.7	33.5			7.7		
34.0			7.8	34.0			7.8		
34.5			7.9	34.5			7.9		
35.0			8.0	35.0			8.0		
35.5			8.1	35.5			8.1		
36.0			8.2	36.0			8.2		
36.5			8.3	36.5			8.3		
37.0			8.4	37.0			8.4		
37.5			8.5	37.5			8.5		
38.0			8.6	38.0			8.6		
38.5			8.7	38.5			8.7		
39.0			8.8	39.0			8.8		
39.5			8.9	39.5			8.9		
40.0			9.0	40.0			9.0		
40.5			9.1	40.5			9.1		
41.0			9.2	41.0			9.2		
41.5			9.3	41.5			9.3		
42.0			9.4	42.0			9.4		
42.5			9.5	42.5			9.5		
43.0			9.6	43.0			9.6		
43.5			9.7	43.5			9.7		
44.0			9.8	44.0			9.8		
44.5			9.9	44.5			9.9		
45.0			10.0	45.0			10.0		

Fig. 4: Un exemplaire d'une clé âge/longueur dont on estime l'âge du hareng avec la longueur.

AGE LENGTH KEY											
AGE											
LENGTH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 TOTAL
21.5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
27.0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
27.5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
28.0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	8
28.5	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	6
29.0	0	0	1	19	0	0	0	0	0	0	20
29.5	0	0	0	27	3	0	0	0	0	0	30
30.0	0	0	0	64	8	0	0	0	0	0	72
30.5	0	0	0	53	14	1	0	0	0	0	68
31.0	0	0	0	76	28	4	0	0	0	0	108
31.5	0	0	0	56	43	11	0	1	0	0	111
32.0	0	0	0	28	47	14	4	0	0	0	93
32.5	0	0	0	7	48	18	2	0	0	0	75
33.0	0	0	0	0	36	21	0	4	1	0	62
33.5	0	0	0	0	17	16	3	5	1	0	42
34.0	0	0	0	0	5	10	10	6	3	0	34
34.5	0	0	0	0	6	7	11	7	3	0	34
35.0	0	0	0	0	1	7	10	13	7	1	39
35.5	0	0	0	0	1	0	2	5	1	0	9
36.0	0	0	0	0	0	0	0	13	5	0	20
36.5	0	0	0	0	0	0	3	10	1	1	15
37.0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	6
37.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
38.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
39.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
TOTAL	0	0	12	343	263	109	45	72	26	3	6
LEN	0.0	0.0	28.0	30.6	32.1	32.9	34.3	35.2	35.3	36.5	37.1
SEV	0.0	0.0	0.5	1.6	2.1	1.1	1.1	3.7	3.2	1.3	0.9

2.4 INDICES D'ABONDANCE

Etant donné que les indices d'abondance sont essentiels à la détermination de la taille des stocks de hareng, chacun des six types d'indices d'abondance susceptibles d'être utiles dans le golfe Saint-Laurent fera l'objet d'une présentation.

2.4.1 Etablissement des indices d'abondance par les pêcheurs

Résumé du programme expérimental mené par les pêcheurs aux filets maillants dans les zones de pêche du hareng à Terre-Neuve

John P. Wheeler
Direction des sciences
Pêches et Océans
Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest
Saint-Jean (Terre-Neuve)

Dans la région de Terre-Neuve, un programme expérimental dans le cadre duquel des pêcheurs commerciaux choisis sont chargés de pêcher le hareng aux filets maillants se poursuit depuis 1980.

A l'heure actuelle, en bordure des côtes nord-est et sud-est de Terre-Neuve (voir figure 1), 23 pêcheurs pêchent le hareng au moyen de cinq filets chacun pendant une période d'un mois chaque année. Ils tendent leurs filets au même endroit et à la même date tous les ans. Les pêcheurs doivent enregistrer les taux quotidiens de captures et prélever des échantillons de harengs de leurs prises.

L'objectif principal du programme est d'établir des indices annuels d'abondance des stocks à partir de renseignements provenant d'une source autre que les pêcheurs commerciaux. Au départ, cette méthode suppose que les variations annuelles des taux de captures des pêcheurs aux filets maillants reflètent les variations de l'abondance des stocks. Les échantillons de hareng prélevés par les pêcheurs permettent aux chercheurs d'obtenir des données biologiques : taux de croissance, composition des stocks en fonction de l'âge et pourcentage de reproducteurs frayant au printemps et à l'automne au sein des populations. Le programme permet également d'établir l'indice de recrutement des harengs juvéniles avant que les recrues ne rallient le stock exploitable.

2.4.1.1 Méthodologie

Chaque pêcheur reçoit le matériel suivant :

- 1) cinq filets à hareng commerciaux (d'une longueur de 18 brasses et d'une profondeur de 200 mailles), d'un maillage de 2, 2½, 2½, 2½ et 3 pouces.
- 2) quatre grappins
- 3) 15-20 bouées de filet de 30 pouces
- 4) un câble en polypropylène de ½ pouce et de 200-400 brasses de longueur
- 5) du fil pour ramender les filets
- 6) cinq paniers en plastique
- 7) un journal de bord et un carnet à l'épreuve de l'eau
- 8) des sacs de prélèvement et étiquettes
- 9) un congélateur (au besoin)

Le contrat signé avec les pêcheurs précise que ces derniers doivent tendre deux jeux de filets, l'un composé des filets à maillage de 2 et de 2½ pouces et l'autre, des filets à maillage de 2½, 2½ et 3 pouces, dans une zone choisie d'avance. Les filets sont ainsi tendus en deux jeux pour éviter une pression excessive. Pendant toute la durée du contrat, ces filets ne peuvent être déplacés et ne devraient être retirés de l'eau que pour être nettoyés ou réparés, et ils doivent être retendus aussi rapidement que possible.

Lorsque le temps le permet, les filets sont relevés une fois par jour, sauf le dimanche. Les harengs capturés dans chacun des filets sont déposés dans un panier distinct. Les pêcheurs enregistrent les captures de chaque filet dans le carnet à l'épreuve de l'eau au fur et à mesure que les filets sont relevés, et inscrivent ultérieurement ces renseignements dans le journal de bord.

Tous les jours, les renseignements sont inscrits sur une page distincte du journal de bord (page 2). Une inscription doit être effectuée tous les jours, y compris les dimanches, même si les filets ne sont pas rentrés à bord ou si aucun hareng n'est capturé. Les pêcheurs inscrivent donc quotidiennement les renseignements suivants sur le journal de bord:

- 1) date
- 2) moment où les filets sont rentrés à bord
- 3) profondeur de la corde de dos
- 4) direction et vitesse du vent
- 5) température atmosphérique
- 6) a-t-on prélevé un échantillon?
- 7) quels filets ont été tendus?
- 8) quels filets ont été relevés?
- 9) nombre de harengs capturés dans chaque filet
- 10) total des prises accidentelles inscrites par espèces dans tous les filets

Une section "remarques" est consacrée aux observations imprévues.

Les pêcheurs sont tenus de prélever deux échantillons de hareng par semaine, ce qui représente un minimum de huit échantillons par mois. Un échantillon comprend 100 harengs, à savoir 20 poissons choisis au hasard dans chacun des cinq filets. Les harengs ainsi recueillis dans chaque filet sont déposés dans des sacs de plastique distincts, auquel les pêcheurs doivent fixer une étiquette indiquant le maillage des filets. Ces cinq petits sacs sont déposés dans un sac plus grand, sur lequel les pêcheurs mettent une étiquette indiquant le numéro de l'échantillon et la date du prélèvement, et le tout est surgelé en vue d'une analyse ultérieure.

Pour se rémunérer, les pêcheurs peuvent vendre tous les harengs qu'ils capturent après avoir prélevé les échantillons requis. En outre, une fois que le contrat a pris fin, les pêcheurs reçoivent 600 \$ pour la tenue des journaux de bord et le prélèvement et la congélation des échantillons.

A l'exception des renseignements fournis dans la section "remarques", toutes les données inscrites sur le journal de bord sont codées et traitées par ordinateur. On calcule le nombre total de poissons capturés par pêcheur pour chaque filet. On détermine ensuite le nombre de jours pendant lesquels chaque filet a été tendu et relevé afin de calculer, pour chaque filet, le nombre de captures par jour de pêche et le nombre de captures par jour de relevage. Ces données peuvent ensuite être combinées afin de déterminer le taux total de captures des cinq filets. Par la suite, on peut établir un indice d'abondance des stocks en combinant les taux de captures de plusieurs pêcheurs dans une zone donnée (figure 3).

Les pêcheurs recueillent des échantillons (100 poissons par prélèvement) à des intervalles de quatre jours environ. Les renseignements biologiques obtenus à partir d'un échantillon s'appliquent aux poissons capturés au cours de l'intervalle précédant immédiatement le prélèvement. On calcule les captures des filets de maillage différent pour cet intervalle, puis le nombre de prises par filet. On procède à une analyse biologique détaillée d'un sous-échantillon de 50 poissons; ces valeurs sont pondérées en fonction des captures effectuées au moyen de chaque filet. L'analyse biologique consiste à mesurer la longueur et le poids des poissons, ainsi que le poids des gonades, à déterminer le sexe, l'âge et le stade de développement des harengs, et à préciser à quel groupe de reproducteurs ils appartiennent.

Pour déterminer la composition des captures effectuées au moyen des filets maillants en fonction de l'âge des poissons, on établit un rapport entre la répartition des échantillons prélevés pendant le mois (normalement, à des intervalles de quatre jours), en fonction de l'âge des poissons et des captures effectuées pendant ces périodes, ce qui permet de déterminer la répartition mensuelle des poissons en fonction de leur âge. Pour calculer la répartition des stocks en fonction de l'âge des poissons, on combine les résultats de tous les pêcheurs dans la zone exploitée (figure 4). Outre les renseignements qu'elles fournissent à l'égard des classes annuelles dominantes, les répartitions des stocks en fonction de l'âge permettent de déterminer le pourcentage de reproducteurs frayant au printemps et à

l'automne au sein de la population, ce qui est crucial en vue d'assurer une gestion adéquate des stocks de harengs. On établit également les indices de recrutement des poissons juvéniles (âges, 2 et 3 ans) avant que ceux-ci ne se joignent au stock exploitable au moyen de filets maillants commerciaux (âges, 4 et 5).

2.4.1.2 Discussion

Le programme de recherches effectué en collaboration avec les pêcheurs aux filets maillants permet d'établir les indices d'abondance et de recrutement des stocks de hareng et de déterminer la composition des stocks en fonction des catégories d'âge et des pourcentages de reproducteurs frayant au printemps et à l'automne. Tous ces renseignements sont essentiels à l'évaluation des stocks de poissons. Toutefois, comme tous programmes de recherche sur les pêches, cette stratégie comporte des avantages et des inconvénients.

Principal avantage du programme : les données ne proviennent pas de la flotte de pêche commerciale et ne sont donc pas susceptibles d'être faussées. En outre, des renseignements peuvent être rassemblés en tout temps, même si aucune zone n'est exploitée par la flotte commerciale. Le programme est tel que des comparaisons peuvent être faites d'une région à l'autre et d'une année à l'autre. Les zones exploitées et le moment où les filets sont tendus ne varient pas d'une année à l'autre, et les pêcheurs utilisent les mêmes engins et les mêmes méthodes d'échantillonnage d'une région à l'autre. Aucune formation ne doit être prévue, car la tâche est confiée à des pêcheurs commerciaux expérimentés. Les rapports établis entre les biologistes et les pêcheurs constituent un autre avantage du programme. D'une part, les pêcheurs sont sensibilisés au rôle des biologistes des pêches et, d'autre part, les biologistes des pêches peuvent mieux comprendre le comportement des poissons et les problèmes auxquels se heurtent les pêcheurs dans l'exercice de leur métier. Les données supplémentaires sur l'environnement et les données sur les prises accidentelles fournies par les pêcheurs facilitent aussi l'étude d'autres relations, comme les rapports entre les conditions environnementales et les taux de capture avec les filets maillants ou les interactions entre les harengs et d'autres espèces de poisson.

Le programme comporte également des inconvénients, dont le plus important concerne la forte variabilité des taux de captures d'une région à l'autre. Ce phénomène est principalement dû au comportement de rassemblement en bancs, ce qui exclut les répartitions aléatoires. On peut réduire les écarts constatés d'un pêcheur à l'autre en affectant un plus grand nombre de pêcheurs à chaque zone (le nombre de pêcheurs a progressivement augmenté depuis que le programme a été mis en oeuvre en 1980). De surcroît, il faut tenir compte des sources d'erreurs humaines, dues au fait que les méthodes employées pour tendre et relever les filets et pour recueillir les données et les échantillons peuvent différer d'un pêcheur à l'autre. L'état du marché influe aussi sur les résultats du programme, car les pêcheurs ont tendance à travailler davantage lorsque les marchés sont favorables.

À Terre-Neuve, ce programme a permis d'évaluer de façon fort efficace l'abondance des stocks de hareng. Cependant, il ne s'agit que d'une étape du processus d'évaluation, et les résultats obtenus doivent être examinés en rapport avec les données provenant des pêcheurs commerciaux et d'autres activités de recherche. Il ne suffit pas d'établir un seul indice d'abondance. Le programme évolue constamment; d'autres pêcheurs devront être affectés au programme et il faudra procéder à des analyses plus détaillées des données. Le succès éventuel du programme reposera sur la collaboration et l'appui des pêcheurs sélectionnés.

2.4.1.3 Analyse

Question:

Les indices des taux de captures donnent-ils des résultats comparables aux évaluations générales de l'abondance?

Réponse:

Les indices suivent généralement les mêmes tendances que celles des évaluations globales.

Question:

Dans quelles zones les pêcheurs s'installent-ils et pendant combien de temps pêchent-ils?

Réponse:

Ils pêchent pendant un mois; la date de l'année diffère selon la zone de pêche exploitée.

Question:

Le programme semble donner de bons résultats, mais s'étend-il au golfe?

Réponse:

Un tel programme a été mis en oeuvre dans le golfe cette année, mais on ne fournissait pas les filets aux pêcheurs, de sorte que les jeunes harengs ne sont pas évalués. En outre, les filets sont tendus à divers endroits, ce qui n'est pas le cas à Terre-Neuve.

Commentaire:

Comme le reconnaît le Ministère, les contacts avec les pêcheurs dans la région de Caraquet sont insuffisants. On tentera de remédier à cette situation.

Commentaire:

Les études effectuées au moyen de filets, de divers maillages sont fort utiles, mais il serait aussi bon d'évaluer les stocks en fonction du pourcentage de mâles et de femelles composant les captures, du prélèvement en oeufs et du pourcentage de poissons quais, car ces valeurs varient selon le maillage des filets employés.

Commentaire:

Étant donné que les zones de pêche du golfe diffèrent fortement de celles de Terre-Neuve, le programme de recherche doit y être adapté. Dans le golfe, les filets doivent être déplacés et relevés et un plus grand nombre de pêcheurs doivent être affectés à la tâche.

Fig. 1: Zones fréquentées par les stocks de hareng de Terre-Neuve et emplacements des filets maillants tendus dans le cadre du programme de recherche.

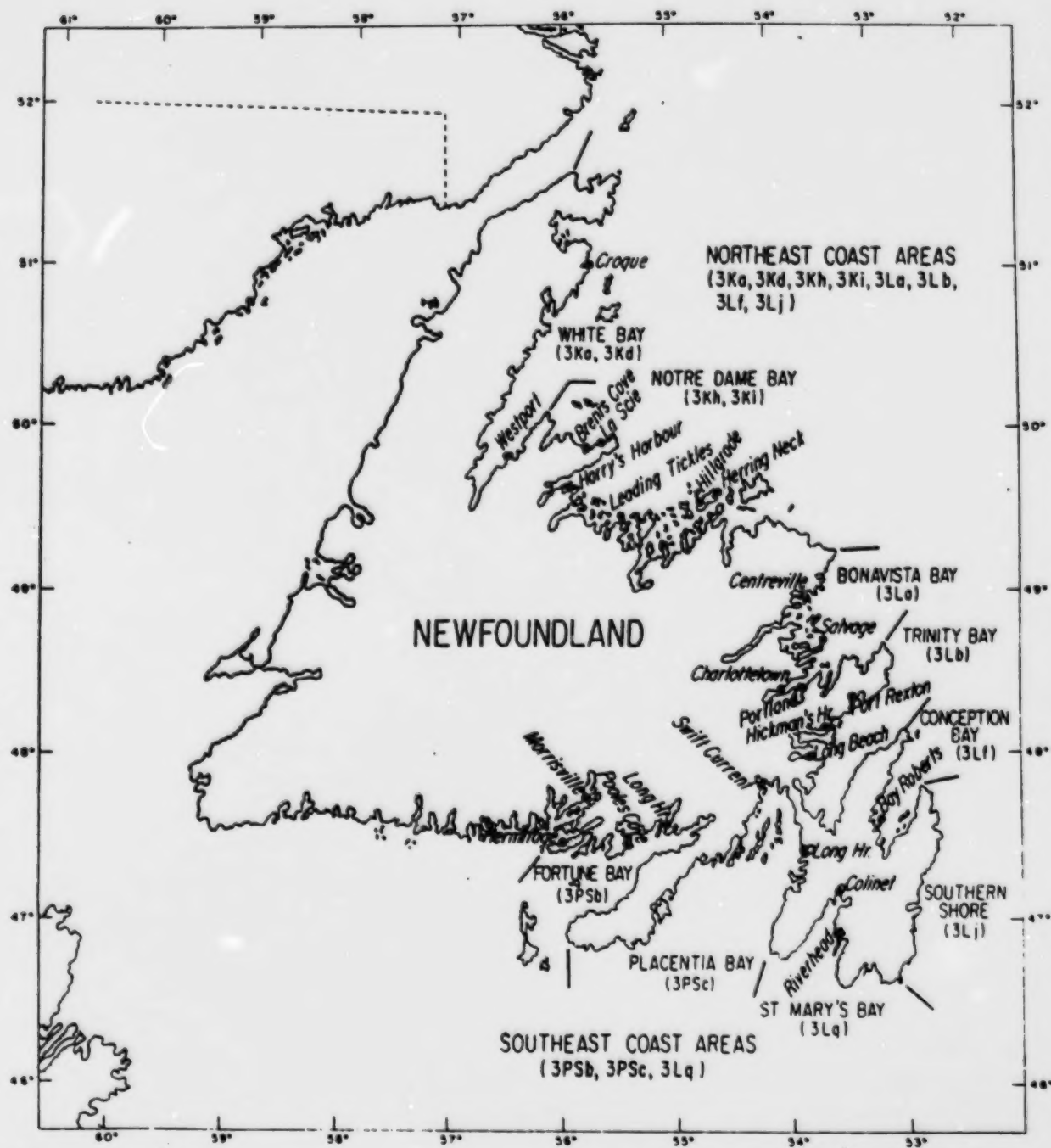


Fig. 3: Nombre de captures et indices d'abondance des stocks obtenus par les pêcheurs du programme de recherche dans les baies Placentia et St. Mary's, 1982-1985.

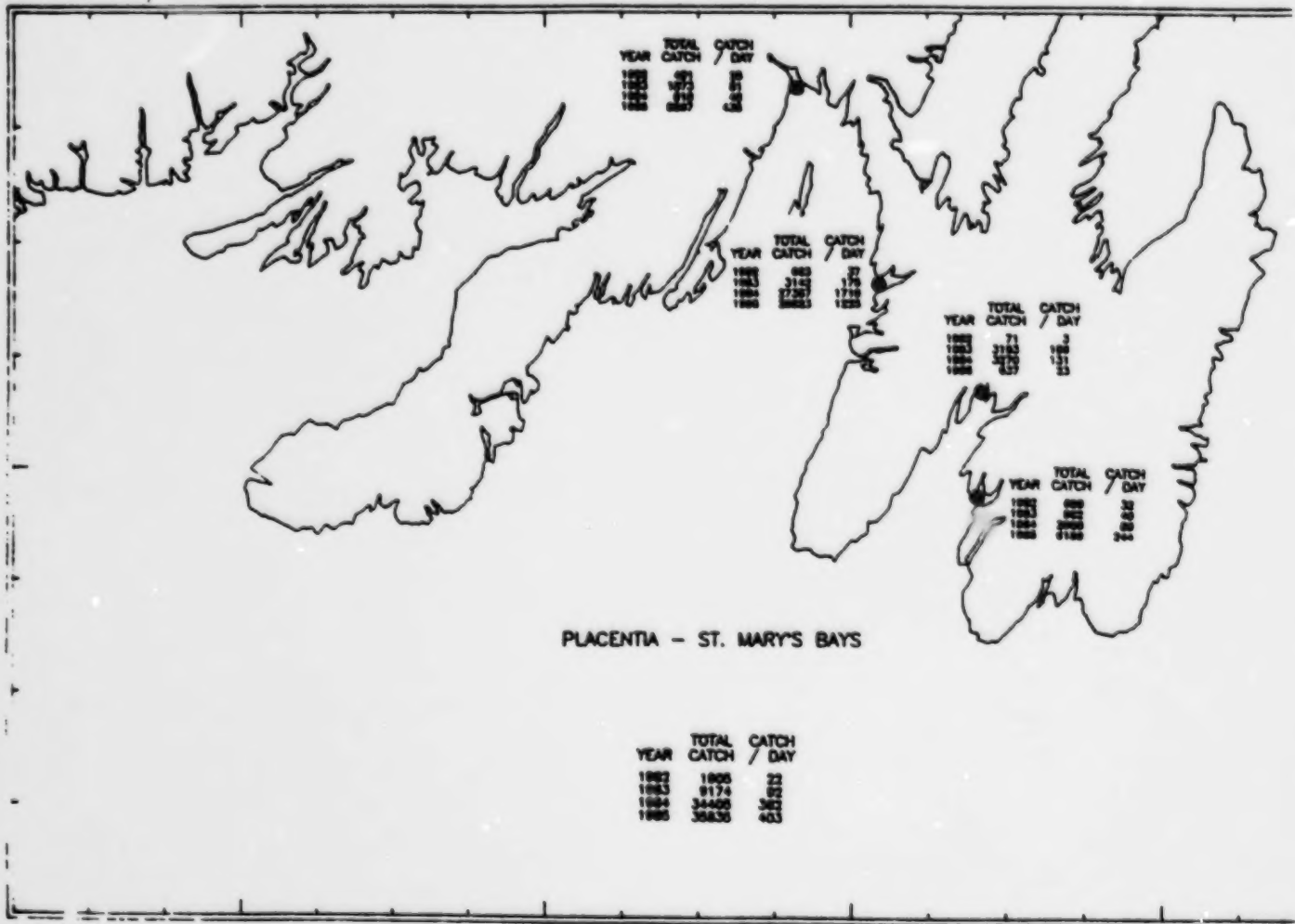
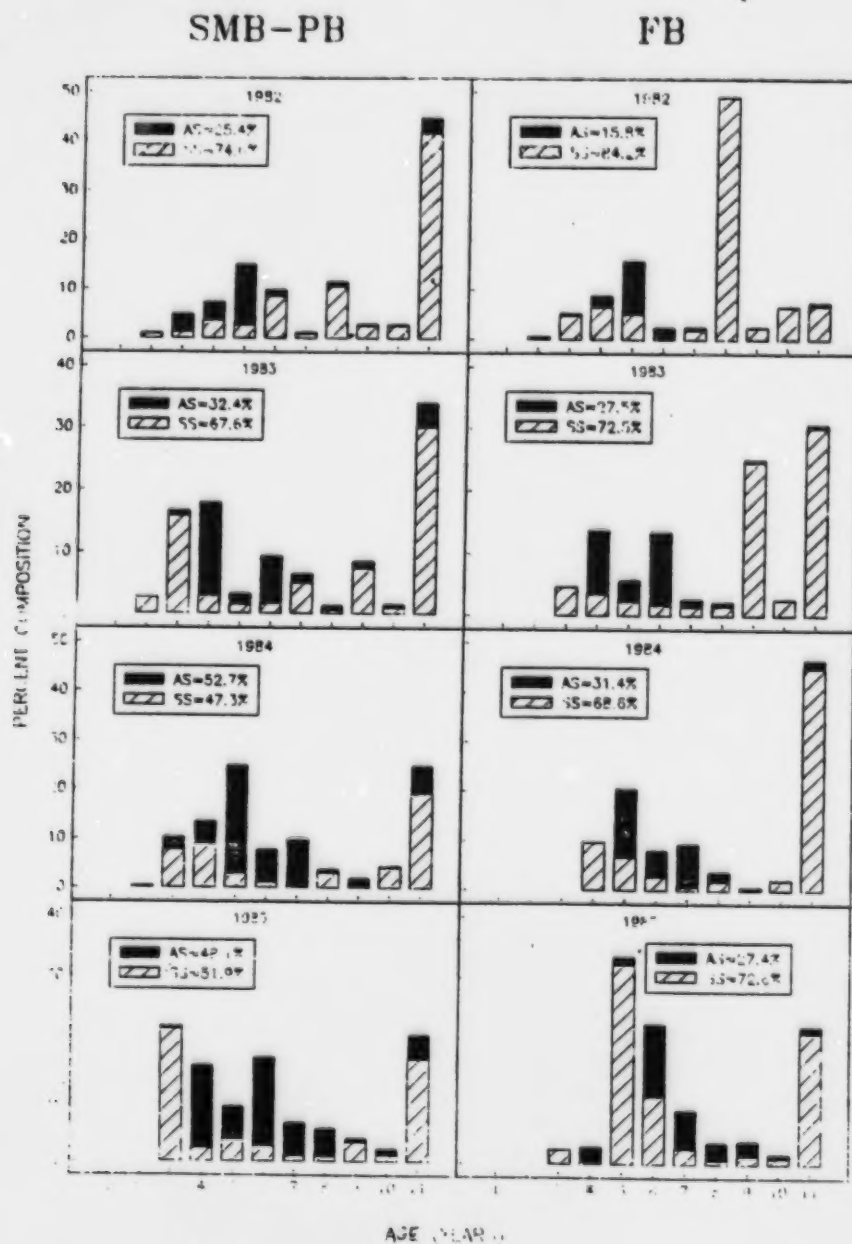


Fig. 4 Composition en fonction de l'âge et pourcentage de reproducteurs frayant à l'automne et au printemps, captures effectuées au moyen de filets maillants dans les baies St. Mary's et Placentia; Programme de recherche, 1982-1985.



2.4.2 Relevés acoustiques

Estimation de la taille des populations de hareng

Ross Shotton
Direction de l'économie, région de Scotia-Fundy
Pêches et Océans
Halifax (Nouvelle-Écosse)

Toutefois, les relevés acoustiques offrent l'avantage de déterminer rapidement et directement l'abondance des stocks au moment même où ils sont réalisés. Par exemple, on peut déterminer la taille d'une population au début de la saison de pêche, puis procéder ultérieurement à un autre levé au moment de sa fermeture. Les estimations de la taille des stocks obtenues au moyen de levés acoustiques permettent de formuler des recommandations à l'égard des contingents dans une zone de pêche donnée, compte tenu de la taille estimative du stock.

Voici les points essentiels à l'exécution des levés acoustiques:

- 1) il faut disposer de l'équipement acoustique nécessaire et d'un bateau;
- 2) l'étude doit viser un stock de poisson dont le comportement et la répartition se prêtent à un levé acoustique; et
- 3) il faut obtenir certains renseignements nécessaires à l'interprétation des données acoustiques recueillies par les équipes.

Les sections examinent ces points et leur influence sur les levés acoustiques des stocks de hareng dans le sud du golfe Saint-Laurent.

2.4.2.1 Application de la physique acoustique

Aucun pêcheur de hareng ne prendra la mer si son détecteur de poisson, particulièrement son sonar, est défectueux. Non seulement le sonar permet-il au pêcheur de déceler la présence des bancs de hareng, mais il permet aux opérateurs chevronnés de déterminer la taille et la densité des stocks. Les systèmes acoustiques employés pour évaluer l'abondance des stocks fonctionnent essentiellement de la même façon que les détecteurs de poisson.

Un poste émetteur actionne un transducteur, qui émet une impulsion acoustique. Au moment où elle se réfléchit sur un poisson, ou sur tout autre objet dont la densité (ou impédance acoustique) diffère de celle de l'eau de mer qui l'entoure, l'impulsion produit un écho qui est capté par le transducteur s'il est assez intense. Le transducteur transfère l'impulsion acoustique en une impulsion électrique, tout comme cela se produit dans le microphone d'un téléphone. La tension de l'impulsion produite est

proportionnelle à l'intensité de l'impulsion de l'écho au moment de sa réception par le transducteur.

Etant donné que l'on peut déterminer la vitesse du son dans l'eau (phénomène complexe dépendant de la température, de la salinité et de la profondeur de l'eau), on peut déterminer la distance qui sépare un poisson du transducteur en mesurant le temps qui s'écoule entre le moment où l'impulsion est émise par le transducteur et celui de la réception de l'écho:

$$\text{distance} = \frac{vt}{2}$$

où : v = vitesse du son dans l'eau de mer (1500 m/sec)

t = temps

Comme le montre l'équation, la distance mesurée doit être divisée par deux car elle englobe l'aller et le retour de l'onde.

Le système acoustique est doté d'une minuterie qui offre une précision de 100 microsecondes, c'est-à-dire 1/10 000 de seconde; en conséquence, il peut mesurer la distance qui sépare un poisson du transducteur avec une résolution de 7,5 cm!

Avec un sonar commercial, l'importance d'un stock de poissons se traduit par un accroissement de l'intensité du signal à l'écran ou de la densité d'impression sur la bande enregistrée. Pour que les évaluations scientifiques soient précises, le système employé doit pouvoir mesurer l'intensité de l'écho indépendamment de l'accentuation à l'écran ou sur le papier. A cette fin, on utilise un appareil électronique, soit un convertisseur analogue-numérique, qui convertit la tension en une valeur numérique qui peut être mise en mémoire en vue d'une analyse ultérieure.

Bien que les systèmes acoustiques utilisés à des fins d'analyse comportent essentiellement les mêmes éléments qu'un système commercial et que l'un et l'autre fonctionnent de la même façon, leur configuration diffère sur certains points. Dans les systèmes utilisés pour les levés acoustiques, le transducteur est installé dans une enveloppe hydrodynamique qui peut être traînée sous le bateau, ce qui réduit l'effet de roulis et de tangage du bateau sur le transducteur et le bruit des hélices et des vagues qui peuvent interférer avec l'écho des petits poissons, particulièrement si ceux-ci sont très éloignés du transducteur.

Pour remorquer le transducteur, on doit utiliser un câble coaxial coûteux qui assure la transmission de l'impulsion d'émission et de l'écho entre le transducteur et le système acoustique. Comme il a été mentionné antérieurement, un dispositif qui mesure la "tension de l'écho" est également requis. Les données recueillies sont enregistrées sur bande magnétique; toutes ces opérations sont commandées par ordinateur, qui constitue l'organe principal du système acoustique scientifique.

Étant donné que les résultats doivent être constants d'une année à l'autre, le système acoustique doit fonctionner de façon identique chaque fois qu'il est utilisé. À cette fin, le système est étalonné à des intervalles fréquentes au moyen d'une cible ou d'un hydrophone de référence. Lorsque la réponse du système acoustique varie d'une fois à l'autre, on doit régler le gain pour faire en sorte que les poissons de même taille produisent une tension de même intensité chaque fois que le système acoustique est employé.

2.4.2.2 Estimation de la densité des poissons

Pour déterminer l'abondance des poissons dans une zone donnée, il faut d'abord établir un rapport entre l'intensité des échos enregistrés et le nombre de poissons à l'origine de ces échos. On calcule l'intensité de l'écho à l'entrée du transducteur au moyen de l'équation mathématique suivante:

$$I_r = \frac{I_0 p \bar{\sigma}_b \Omega_0 \frac{c\tau}{2}}{R^2 e^{2\beta R}}$$

où : I_r = intensité de l'écho mesurée à l'entrée du transducteur

I_0 = intensité de l'impulsion transmise à 1 mètre du transducteur.
Cette valeur est souvent appelée "niveau d'émission".

p = densité des poissons, c'est-à-dire nombre de poissons par mètre cube

$\bar{\sigma}_b$ = section efficace moyenne de rétrodiffusion d'un poisson

Ω_0 = angle de faisceau équivalent

$c\tau$ = durée de l'impulsion produite par la masse insonifiée

R = distance qui sépare la masse insonifiée du transducteur.

β = coefficient d'alternance de l'impulsion acoustique dans l'eau de mer

I_0 est parfois appelé "niveau d'émission" lorsque cette valeur est exprimée en décibels. Il s'agit de l'intensité du son qui est transmis, lequel est mesuré dans l'axe de réception, à 1 mètre du transducteur. σ_b représente la rétrodiffusion, c'est-à-dire la réflexion de l'onde de retour au transducteur. On parle de la section efficace de rétrodiffusion, pour désigner la place qu'un poisson occupe dans le retour d'onde : cette valeur mesure donc les ondes qui se réfléchissent sur le poisson. Un gros poisson réfléchit davantage d'ondes qu'un petit poisson et sa section efficace sera donc plus élevée. Un trait signifie qu'on doit retenir la section efficace

moyenne de tous les poissons qui se trouvent dans le faisceau acoustique, c'est-à-dire les poissons "insonifiés" par l'impulsion acoustique. L'angle du faisceau équivalent donne la largeur du faisceau du transducteur. L'angle de faisceau équivalent d'un transducteur projetant un large faisceau sera plus élevé que celui d'un transducteur émettant un faisceau étroit. $C\tau/2$ représente la largeur de l'impulsion transmise. Cette distance varie selon la vitesse du son "C" et le moment où le poste émetteur est actionné afin de produire l'impulsion "N"; elle est divisée par deux, car le son effectue un trajet aller et retour, de sorte que la durée d'impulsion "de retour", c'est-à-dire, les échos simultanés produits par la masse réfléchissant l'impulsion, ne représente que 50 % de cette valeur. Dans le dénominateur, R^2 représente la diminution de l'intensité du son due à la propagation de l'impulsion en fonction de l'augmentation de la distance, et $e^{2\beta R}$, la diminution de l'intensité de l'impulsion transmise due à l'absorption du son par l'eau de mer.

Si l'on obtient une bonne estimation de la section efficace moyenne de rétrodiffusion, on peut alors déterminer la densité des poissons au moyen de l'équation suivante:

$$P = \frac{I_r R^2 e^{2\beta R}}{I_0 \Omega_0 \frac{c\tau}{2} \delta_b}$$

Etant donné que l'on peut déterminer la densité "P" des poissons depuis le transducteur jusqu'au fond marin, on additionne tous les P mesurés pour calculer le nombre de poissons qui se trouvent dans une colonne d'eau de mer.

$$N = P_1 + P_2 + \dots + P_d$$

Si la zone étudiée mesure A mètres carrés, le nombre total de poissons sera:

$$N_{total} = AN$$

2.4.2.3 Effet du comportement des harengs sur les levés acoustiques

Malheureusement, pour réaliser un levé acoustique approprié des stocks de harengs, il ne suffit pas d'installer l'équipement à bord d'un bateau et de prendre la mer. Pour évaluer ainsi les stocks de harengs, il est capital de bien connaître le comportement de ces poissons. Il faut connaître l'emplacement des stocks avant d'amorcer l'étude car, dans le sud du golfe Saint-Laurent, leur localisation peut être longue. Toutefois, d'une année à l'autre, les migrations saisonnières du hareng sont constantes, de sorte qu'on peut déterminer avec assez de précision les endroits où les harengs seront situés au moment de l'étude.

Dans le sud du golfe, au moment de l'étude annuelle effectuée en novembre, les stocks se concentrent principalement en bordure de la côte, depuis Grande Rivière jusqu'à Newport, et de petits bancs se forment plus au sud-ouest de la côte, en direction de Shigawake. Certains bancs peuvent

aussi être observés à La Malbaie, dans les environs de l'île de Bonaventure et de la baie de Gaspé. D'après les études, quelques bancs seulement de harengs fréquentent les environs de l'île Miscou. Des bancs dispersés longent la côte nord de l'est de l'île-du-Prince-Édouard et la côte ouest de la partie nord de l'île du Cap-Breton.

Une autre concentration majeure de harengs a été relevée dans l'anse Sydney, bien que dans cette zone relativement restreinte, il semble exister deux populations distinctes en bordure de la côte est de l'anse. Des harengs fréquentent les eaux depuis Neils Harbour vers le sud jusqu'à Ingonish et, même si certaines années ils se rendent jusqu'à la baie Ste-Anne, ils ne pénètrent pas les eaux situées au sud de Wreck Cove Point. Le jour et la nuit, le comportement de ces harengs diffère. Pendant la nuit, ils se rassemblent dans les zones littorales, où ils forment une bande d'une largeur de $\frac{1}{2}$ à $1\frac{1}{2}$ km qui peut s'étendre sur toute la longueur de la côte. Durant le jour, ils s'assemblent de nouveau en bancs et regagnent le large. De nombreux bancs relativement petits fréquentent la partie sud de l'anse, principalement au large de New Waterford, mais également tout le long de la côte jusqu'à l'île Flint, bien que leur abondance diminue progressivement.

De toute évidence, d'autres bancs existent au-delà de cette limite et, d'après des études préliminaires, on constate que des harengs fréquentent les eaux situées au sud de l'île Flint, jusqu'à la baie Gabarus et peut-être même la baie Chédabouctou.

Au cours de la planification des levés acoustiques, il faut tenir compte du comportement migratoire des harengs. Par exemple, les harengs migrent de la baie des Chaleurs jusqu'à l'anse Sydney. Il faut donc s'assurer de ne pas compter les mêmes harengs à deux reprises. De même, il faut effectuer les levés à un moment qui permet de dénombrer en une fois tous les poissons ou la majorité d'entre eux. Étant donné que les données sur les migrations des harengs sont incomplètes, au moment de planifier les études et d'interpréter les résultats, il faut tenir compte du fait que l'on risque soit d'exclure une partie de la population, soit de dénombrer certains poissons à deux reprises.

Pendant leur migration, le comportement des harengs suscite une autre difficulté due au fait que divers stocks de harengs se rassemblent dans les mêmes zones durant certaines périodes de l'année. Par exemple, certains d'entre eux peuvent fréquenter les mêmes frayères, puis gagner des aires d'alimentation distinctes, tandis que d'autres peuvent frayer dans des zones différentes puis se joindre à d'autres stocks pour se nourrir. Dans la baie des Chaleurs, les harengs se dirigent vers le nord jusqu'à l'île d'Anticosti et l'anse Sydney. Dans celle-ci, on peut observer des harengs provenant du golfe de Saint-Laurent et du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Il faut donc tenir compte du fait que divers stocks fréquentent les mêmes zones, ce qui, de toute évidence, n'est pas une tâche facile!

Au cours des levés, il importe avant tout que les harengs soient visibles pour les appareils acoustiques. Si le stock de harengs, ou la majeure partie des poissons qui le constituent, se tiennent près de la surface (pendant la durée de l'étude, du moins), ces poissons ne peuvent être insonifiés. De même, si les harengs se dirigent dans des zones côtières, où le bateau ne peut pénétrer en toute sécurité, il sera impossible de les dénombrer. En outre, selon certains, les harengs rasant parfois le fond de l'eau, d'où l'impossibilité de les distinguer du lit marin. On constate donc que si l'emplacement des stocks est inconnu, si les zones où ils se trouvent ne sont pas navigables ou si les harengs s'éloignent simplement de la trajectoire du bateau, le comportement des stocks peut fausser les estimations finales de leur abondance.

2.4.2.4 Rapport entre la section efficace de rétrodiffusion et la position des harengs

Les divers comportements des harengs peuvent influencer sur les résultats des levés même si ces poissons peuvent être insonifiés par le système acoustique. D'après le modèle mathématique présenté ci-dessus, l'estimation de l'abondance des stocks dans une zone donnée dépend de sa section efficace de rétrodiffusion. Cette valeur est souvent exprimée en kilogrammes. Cependant, si elle varie, l'estimation obtenue sera alors erronée. La section efficace de rétrodiffusion dépend de la taille du hareng, mais elle dépend aussi d'un autre facteur qui revêt davantage d'importance, à savoir la position moyenne du hareng dans l'eau. Si les harengs nagent toujours en position horizontale, la surface de rétrodiffusion demeure alors stable. Toutefois, d'après des photographies sous-marines, les harengs nagent dans tous les sens, et se déplacent parfois verticalement vers le haut ou le bas. Dans de tels cas, la section efficace des poissons par rapport au transducteur est plus petite et, si l'on présume que tous les harengs nagent horizontalement, l'abondance des stocks sera sous-estimée. Il s'agit bien sûr d'un cas exceptionnel. Cependant, si la variance de l'angle d'inclinaison ainsi que de l'angle moyen d'inclinaison changent, il faut utiliser la section efficace de rétrodiffusion réelle afin d'estimer l'abondance des poissons d'après l'intensité d'écho mesurée.

Chez le hareng, le degré de gonflement de la vessie natatoire constitue aussi un facteur biologique qui influe sur la section efficace de rétrodiffusion des poissons. Etant donné que l'écho est produit principalement par la vessie natatoire, il importe donc de connaître le degré d'inflation de cet organe afin de déterminer l'intensité de l'écho produit par un seul hareng. L'intensité de l'écho produit par un poisson dont la vessie natatoire est vide, c'est-à-dire qu'elle ne contient aucun gaz, ne représentera que 10 % de l'intensité de l'écho provenant d'un hareng dont la vessie natatoire est remplie de gaz. Il importe donc de connaître le degré d'inflation des organes natatoires des harengs insonifiés afin d'interpréter de façon appropriée les intensités d'écho perçues. A l'heure actuelle, les recherches en la matière sont incomplètes.

2.4.2.5 Plan d'étude

Il ne suffit pas d'installer le système acoustique sur un bateau et de se diriger vers les endroits où l'on prévoit croiser des harengs, ni se déplacer d'un banc de poissons à un autre. L'étude doit être planifiée d'avance selon des principes statistiques rigoureux afin que les résultats soient comparables d'une année à l'autre. Pour ce faire, l'estimation de l'abondance de la population totale ne doit pas être erronée: les résultats prévus du programme d'échantillonnage doivent être représentatifs du nombre réel de harengs qui composent une population. En outre, il faut être en mesure de déterminer la précision ou la variance de l'estimation de la population. D'après la variance, on peut déterminer les erreurs possibles des estimations des populations. On ne peut déterminer la variance de l'estimation des populations que si l'on procède à un échantillonnage aléatoire approprié des zones de pêche.

Les estimations des populations totales de hareng varient selon l'emplacement des transects dans la zone d'étude, et il importe donc d'être en mesure de déterminer s'il existe des écarts réels entre les estimations de l'abondance totale d'une population au cours de deux années consécutives, par exemple. Bien que les estimations puissent différer d'une année à l'autre, l'écart peut être dû simplement aux variations des techniques d'échantillonnage et, par conséquent, ne pas traduire un écart réel dans l'abondance des populations au cours de deux années consécutives.

L'estimation d'une population peut comporter une erreur systématique si l'on ne peut sonder qu'une partie de la population. En effet, si des harengs fréquentent des eaux très peu profondes ou des zones non visées par l'étude, la population sera finalement sous-estimée peu importe le nombre d'échantillons prélevés. Si la même erreur systématique persiste d'une année à l'autre, l'estimation de la population fournira tout de même un bon indice de l'abondance des stocks. Toutefois, si la fraction des poissons inaccessibles varie d'une année à l'autre, l'estimation de la population obtenue au moyen de levés acoustiques risque de refléter simplement les variations de la visibilité des populations de hareng plutôt que des variations réelles de la taille de la population proprement dite. De même, les variations du degré de visibilité des populations peuvent entraîner une surestimation des variations de l'abondance des populations mesurées au moyen de la méthode acoustique.

De toute évidence, il faut tendre à obtenir des estimations des populations totales les plus précises possibles. Il semble également que les estimations faites à partir d'une période d'échantillonnage d'une semaine seront plus précises que les estimations qui se fondent sur les prélèvements d'une seule journée: plus les échantillons sont nombreux, plus les résultats sont précis. Mais ce principe est plus ou moins valable selon la répartition des harengs. Si ceux-ci sont répartis en grappes, l'échantillonnage d'un transect supplémentaire peut changer de façon marquée l'estimation de la population si ce transect passe au centre d'une forte concentration de poissons. Lorsque les harengs sont répartis de façon assez uniforme, les estimations des populations ne différeront guère si l'on procède à des prélèvements supplémentaires. Il faut aussi tenir compte du

fait que la réalisation des levés acoustiques est coûteuse: chaque jour passé en mer coûte environ 3 000 \$. Bien que les coûts demeurent constants si l'on augmente la période d'échantillonnage, la précision des estimations diminue constamment au fur et à mesure que la période se prolonge. En conséquence, à un moment donné, il est contre-indiqué de poursuivre l'échantillonnage, car le degré de précision des données n'augmentera pas.

Quand faut-il mettre fin à l'échantillonnage ou, plus concrètement, quelle doit être la durée du programme d'échantillonnage permettant d'établir une estimation "valable" des populations? Bien que cette question soit d'une importance qui saute aux yeux, elle n'a pas été étudiée de façon approfondie. La prolongation du programme d'échantillonnage est même susceptible d'accroître les erreurs systématiques plutôt que d'augmenter le degré de précision. Par exemple, si l'échantillonnage est prolongé, les harengs risquent de quitter la zone d'étude au cours des prélèvements et les populations seront alors sous-estimées.

Il n'existe pas de solution simple à ces problèmes. Cependant, les chercheurs qui ont une bonne connaissance des pêcheries et de la biologie des harengs peuvent, en faisant preuve de jugement, planifier les études de manière à obtenir des résultats valables. Il importe de poursuivre les recherches afin de mieux comprendre la nature de ces rapports.

2.4.2.6 Données biologiques

Au cours des levés acoustiques, on ne peut consacrer tout son temps à se déplacer le long des transects d'étude. Certaines heures doivent être consacrées au rassemblement de données biologiques sur le stock cible. La taille des harengs constitue un paramètre essentiel à l'exécution des levés acoustiques, étant donné que la section efficace de rétrodiffusion d'un hareng est fonction de la taille de celui-ci : en effet, la section efficace de rétrodiffusion par kilogramme d'un petit hareng est supérieure à celle d'un hareng de forte taille. D'autres données biologiques sont aussi capitales. Par exemple, il importe de déterminer le pourcentage de poissons d'une population qui ont atteint la maturité sexuelle ou qui viennent de frayer. Au cours d'une étude acoustique, ces données servent à estimer le pourcentage de reproducteurs frayant au printemps et en automne quand les deux types fréquentent la même zone. On peut aussi mesurer les harengs prélevés pour les études de maturité sexuelle et prélever des os pour les détermination d'âge.

Quoique nécessaire, le rassemblement de données biologiques est susceptible de réduire le degré de précision des estimations des populations étant donné qu'il faut consacrer un certain temps au prélèvement d'échantillons des chaluts. En outre, il faut également déterminer le nombre d'échantillons de chaluts à recueillir.

2.4.2.7 Innovations futures possibles à l'égard des techniques de levé acoustique

Les levés acoustiques offrent de nombreux avantages en matière de gestion des poissons pélagiques. Toutefois, l'exploitation des bateaux de recherche est coûteuse et en raison de leur taille, ces navires risquent de ne pas être en mesure de pénétrer dans certaines zones qui, d'après les observations, sont fréquentées par d'abondants stocks de harengs. En outre, ils ne peuvent se trouver qu'à un endroit à la fois, ce qui constitue une contrainte d'importance lorsqu'il faut exécuter les levés rapidement afin d'éviter que des harengs ne soient dénombrés à deux reprises lorsqu'ils se déplacent dans la région d'étude.

Il serait peut-être possible de remédier à ces diverses situations en utilisant la flottille de pêcheurs de hareng pour cette tâche. De cette manière, un certain nombre de bateaux peuvent être "déployés" simultanément, de sorte que chacun d'entre eux effectue des levés dans une zone particulière de l'aire géographique des harengs à l'étude. Une telle technique a été employée au Pérou dans les zones de pêche des anchovetas, où une étude qualitative a été baptisée "Eureka" parce qu'on a pu estimer la population totale de ces poissons en un jour.

Pour que ce type d'évaluation soit valable, il faut planifier et exécuter très minutieusement les levés de manière à ce que les résultats des divers bateaux affectés à l'étude soient compatibles. Chacun de ces derniers doit être doté d'équipements identiques, lesquels doivent être étalonnés avec soin afin que les résultats soient uniformes.

Le fait d'équiper une flottille de bateaux de systèmes acoustiques appropriés n'est pas une tâche simple. Un système acoustique de qualité peut coûter jusqu'à 20 000 \$ par unité. En conséquence, avant de recommander fortement le recours à l'approche "Eureka", il faudra procéder à des analyses avantages-coûts en vue de s'assurer que les coûts des études ne sont pas excessifs par rapport aux avantages offerts par des techniques qui permettent d'obtenir des résultats dans de brefs délais.

2.4.2.8 Analyse

Commentaire:

Les levés acoustiques permettent de mesurer directement plutôt qu'indirectement l'abondance des poissons. Trois facteurs sont cruciaux pour l'exécution de levés valables : il faut disposer de techniques adéquates; il faut connaître les zones fréquentées par les stocks et à quel moment ils s'y trouvent; et il faut planifier les levés acoustiques pour faire en sorte que les résultats soient "appropriés" et comparables d'une année à l'autre.

La technologie acoustique et ses applications doivent tenir compte des méthodes d'interprétation des impulsions, de l'équipement électronique à bord du bateau et de l'écho qui est réfléchi par les poissons. A cet égard, un certain nombre de paramètres doivent être examinés : la position des poissons par rapport au sondeur, la position des poissons ou des bancs de poissons par rapport au fond marin et l'importance des bancs, les effets de la rétrodiffusion et la taille des poissons.

Question:

Qu'est ce que c'est les raisons pour lesquelles il était préférable d'établir des transects d'étude au lieu de n'examiner que les importantes concentrations de hareng.

Pour estimer la biomasse des poissons, un plan de recherches ou de sondage établi au préalable doit être respecté. Les levés acoustiques effectués en automne dans la baie des Chaleurs ont permis de localiser les stocks de harengs dans ces eaux et d'évaluer leur abondance. La Direction des sciences de la région du golfe prévoit que ces études seront poursuivies.

Commentaire:

Des levés acoustiques peuvent être effectuées à d'autres moments de l'année; par exemple, des levés du banc Fisherman ont été faits en septembre.

Commentaire:

Les levés acoustiques, qui présentent de graves facteurs limitatifs, ne constituent pas l'unique moyen d'estimer la biomasse des poissons.

Commentaire:

La durée des études doit être fonction de la précision requise par les gestionnaires des ressources.

Commentaire:

On devrait procéder à des études plus intensives de la biomasse des stocks de hareng dans la baie des Chaleurs. Les pêcheurs commerciaux peuvent fournir des précisions sur l'emplacement des stocks de hareng.

2.4.3 Étude des frayères dans le sud du golfe du Saint-Laurent

Shoukry N. Messieh
Direction des sciences, région du golfe
Pêches et Océans
C.P. 5030
Moncton (N.-B.)
Canada
E1C 9B6

Depuis 1937, on étudie annuellement les frayères du hareng du Pacifique dans les zones côtières de la Colombie-Britannique afin d'établir un indice d'abondance des stocks. Sur la côte atlantique, ce n'est qu'en 1980 que des études réalisées par des scaphandriers ont été amorcées dans la baie Miramichi afin de déterminer l'indice d'abondance des harengs de manière à évaluer les stocks de ces poissons. Les objectifs de ce projet étaient de localiser et d'étudier les frayères des harengs et de rassembler des données sur l'intensité de la fraie et sur la biomasse des reproducteurs. Avant 1980, seule une étude sous-marine d'une frayère de hareng (Tibbo et al., 1973) a été exécutée dans la baie des Chaleurs. Toutefois, cette étude était davantage qualitative que quantitative.

Des études des frayères ont été effectuées par des scaphandriers au printemps de 1980, 1981, 1983 et 1984 et à l'automne de 1985 et 1986 (Messieh et al., 1983; 1984, 1985; Pottle et al., 1981). Les études du printemps ont été réalisées dans une frayère d'importance à Escuminac dans la baie Miramichi, au Nouveau-Brunswick, et celle d'automne, dans le banc Fisherman, au sud-est de l'Île-du-Prince-Édouard (figure 1). Ces frayères ont été sélectionnées parce qu'elles constituent d'importantes zones de pêche du hareng dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Au cours des études, des données ont été recueillies sur les caractéristiques du substrat et on a pu estimer la taille des frayères et les taux de ponte.

2.4.3.1 Localisation des frayères

Les biologistes peuvent déterminer les limites générales d'une aire de fraie d'après les renseignements fournis par les pêcheurs locaux, la répartition des filets maillants et le degré de maturité des harengs capturés. Les scaphandriers peuvent alors faire des plongées à des intervalles réguliers selon une grille établie au préalable. Au cours de chaque plongée qui dure de 3 à 5 minutes, les scaphandriers descendent rapidement sur le fond en se guidant à l'aide du câble d'ancrage et examinent les substrats dans un rayon de 4 à 5 mètres à partir d'un point central. À chaque station, ils enregistrent des données sur la profondeur, le type de substrat, les espèces d'algues relevées et la densité de la couverture végétale.

Lorsqu'une aire de ponte est localisée, les scaphandriers se déplacent le long de transects établis à partir du centre de la frayère afin d'en déterminer les limites. Au moment où ils n'observent plus d'oeufs sur le fond marin, les scaphandriers continuent leurs recherches sur quelques mètres supplémentaires, puis reviennent à la surface. On leur donne alors une bouée qu'ils installent là où les derniers oeufs ont été relevés, c'est-à-dire à la limite de l'aire de ponte. L'emplacement de ces bouées est déterminé par LORAN C. En 1986, les scaphandriers ont employé une caméra vidéo sous-marine pour faciliter l'examen des frayères. La caméra leur a permis de réduire, de façon marquée, la durée des recherches. Il était beaucoup plus rapide de cerner les limites des frayères au moyen de la caméra vidéo que par des plongées successives. De surcroît, un écran situé à bord du bateau permettait d'avoir directement accès aux photographies et de les revoir au besoin.

2.4.3.2 Description des frayères

Le substrat de la frayère fréquentée au printemps par les harengs à Escuminac est généralement rocheux et comporte des zones de sable recouvertes d'algues. La mousse d'Irlande constituait le macrophyte dominant de la région où abondaient également les fucus et les zostères marines. La majorité des oeufs ont été observés sur les algues, mais certains d'entre eux avaient aussi été déposés sur des affleurements rocheux. Des oeufs de hareng ont été relevés à une profondeur de 0,8 à 5,0 mètres, et les plus fortes concentrations se trouvaient à 1,5 - 4,0 mètres. S'il n'y avait pas d'oeufs au-delà de 5 mètres de profondeur c'était probablement parce que le fond sableux était dénudé. Le fort pourcentage d'oeufs fixés aux mousses d'Irlande reflétait sans doute la vaste répartition de cette algue plutôt qu'une préférence du hareng.

Dans la frayère utilisée en automne dans le banc Fisherman, le substrat est principalement constitué d'affleurements de la roche en place et de cailloux. Les algues, qui sont principalement représentées par des algues rouges filamenteuses, recouvrent une superficie négligeable. Des oeufs de hareng ont été relevés à une profondeur de 10 à 25 mètres et, contrairement à ce qui a été observé dans la frayère au printemps, les oeufs, qui étaient répartis uniformément, formaient un épais tapis.

2.4.3.3 Densité des oeufs

Après avoir cartographié les limites de l'aire de fraie, on trace une grille d'échantillonnage prévoyant des stations à environ 200 mètres de distance les unes des autres. Certaines stations sont prévues à l'extérieur des limites de la frayère afin de s'assurer que celles-ci sont précises. A chaque station, un scaphandrier recueille un échantillon aléatoire (0,25 m²) des oeufs de hareng à l'aide d'un tube fonctionnant sur le même principe qu'un aspirateur et qui est actionné au moyen de l'air comprimé de sa bouteille. Le fusil projette les matériaux meubles et les oeufs qui sont râclés sur le fond dans des sacs spéciaux. Lorsque les masses d'oeufs sont denses, le fusil n'est pas utilisé; le scaphandrier détache alors les

échantillons de la masse dans le quadrat qui l'intéresse. Les sacs dans lesquels les échantillons sont déposés sont étiquetés et conservés jusqu'à ce qu'ils puissent être examinés en laboratoire. Certains oeufs frais échantillonnés en lot sont incubés dans un système d'eau de mer recirculée afin que l'on puisse observer leur développement.

L'abondance des oeufs est évaluée au moyen d'échantillons séchés. On élimine tout le gravier des échantillons, puis les oeufs sont séchés dans un four (60°C) pendant environ 16 heures, jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids constant. On pèse et dénombre avec précision les sous-échantillons d'oeufs afin d'évaluer le nombre total d'oeufs par quadrat. En général, deux ou trois dénombrements sont effectués afin de valider les résultats et les écarts n'excèdent pas 1 %. La densité des oeufs est représentée par le nombre d'oeufs par m².

La taille des frayères et la densité des oeufs variaient considérablement d'un emplacement à l'autre (tableau 1). En 1980, la frayère utilisée au printemps par les harengs à l'île Huckleberry, dans la baie Miramichi, s'étendait sur 87 500 m² et une densité de 8 600 oeufs/m² y a été relevée. En 1981, dans la frayère de printemps d'Escuminac, qui ne s'étendait que sur 42 500 m², la densité des oeufs était très faible, à savoir de 1 760 oeufs/m². En 1983, l'unique frayère relevée était 20 fois plus vaste que celle de 1981 et, cette année, la densité des oeufs était également beaucoup plus forte qu'en 1981, à savoir de 24 700 oeufs/m². En 1984, les trois aires de fraie relevées (figure 2) avaient une superficie totale de plus de 2 000 000 m², et la densité moyenne des oeufs (80 000 oeufs/m²) était au moins trois fois plus élevée qu'en 1983.

La densité des oeufs était beaucoup plus élevée dans les frayères d'automne du banc Fisherman (tableau 1). En 1985, la densité des oeufs était extrêmement variable dans les quatre aires de fraie d'automne relevées, mais la densité des oeufs y était néanmoins très forte (densité moyenne de 3 560 000 oeufs/m²). La superficie totale des quatre frayères (figure 2) atteignait 1 821 000 m². En 1986, l'unique frayère constatée s'étendait sur 1 100 000 m², ce qui représentait 60 % environ de la superficie des frayères de 1985, et la densité des oeufs était légèrement plus élevée (3 800 000 oeufs/m²). Au cours des deux années d'observations, la densité des oeufs de ces aires de fraie était nettement supérieure aux densités relevées dans les frayères de printemps.

2.4.3.4 Estimation du nombre de reproducteurs

Le nombre de reproducteurs est évalué d'après les estimations de la superficie des frayères et de la densité des oeufs. Pour ce faire, il faut disposer de données sur la fécondité des poissons, les pourcentages de mâles et de femelles composant la population, la composition des captures et le poids moyen en fonction de l'âge des harengs. À Escuminac (tableau 2), les estimations du nombre de reproducteurs de la population frayant au printemps mettaient en évidence une réduction marquée du nombre de géniteurs en 1981. Ce phénomène était peut-être dû aux travaux de dragage qui ont été effectués dans le chenal Miramichi à proximité de la frayère à la fin d'avril 1981, ce

qui a peut-être perturbé les déplacements des bancs de harengs. En 1984, le nombre de reproducteurs était environ huit fois plus élevé qu'en 1983.

Au cours des deux années d'étude, le nombre de reproducteurs frayant à l'automne était beaucoup plus élevé que celui des reproducteurs frayant au printemps (tableau 2). Le nombre maximal de frayeurs a été relevé en automne de 1985, au moment où on estime que 89,5 millions de géniteurs femelles ont pondu leurs oeufs dans la frayère du banc Fisherman.

2.4.3.5 Période d'incubation

Pendant toutes les années d'étude (au total, 4 ans), la fraie de printemps dans la région d'Escuminac a eu lieu au cours des trois premières semaines de mai, et la densité des oeufs variait entre deux extrêmes : oeufs dispersés ou masses d'oeufs d'une à cinq couches d'épaisseur. La période d'incubation variait de 14 à 19 jours, selon la température de l'eau, qui, au cours des études effectuées au printemps, variait de 3,33 à 9,7°C.

Au cours des observations échelonnées sur 2 ans dans le banc Fisherman, la fraie d'automne a été sporadique du 4 au 26 septembre. Les oeufs de hareng, qui formaient un épais tapis, étaient répartis uniformément. La période d'incubation a duré de 7 à 10 jours en fonction de la température de l'eau qui, au cours de la période d'étude, variait de 14,0° à 17,0°C.

2.4.3.6 Mortalités d'oeufs

Chez les harengs, les mortalités d'oeufs sont dues à des causes naturelles, c'est-à-dire que ces oeufs ne se développent tout simplement pas ou qu'ils sont la proie d'autres poissons. Des échantillons d'oeufs de harengs ont été prélevés avant et pendant l'échantillonnage du quadrat afin d'examiner les diverses étapes de leur développement. Après avoir été déposés sur le substrat, les oeufs de harengs passent par cinq étapes de développement avant d'éclore. Au cours de l'étude des étapes de développement des oeufs, on a constaté que les taux de mortalité différaient chez les oeufs pondus au printemps et chez ceux pondus à l'automne. Dans la région d'Escuminac, pendant les quatre années d'étude, les mortalités d'oeufs dues à des causes naturelles n'ont pas excédé 10 %. Toutefois, dans le banc Fisherman, ce pourcentage a dépassé 90 % en 1985, ce qui a été attribué à la forte densité des oeufs (jusqu'à 30 couches d'oeufs, réparties sur 4,5 cm, ont été dénombrées).

Le taux de mortalité des oeufs de harengs due aux poissons prédateurs est élevé dans les frayères. L'analyse du contenu stomacal des poissons a révélé que divers types de poissons se nourrissent d'oeufs de hareng. Il s'agit de la plie rouge, des chabots, de la morue franche, de la tanchetaoque et du maquereau bleu (espèce chez laquelle ce phénomène a été observé pour la première fois).

Au printemps, la plie rouge était le principal prédateur des oeufs de harengs. Le nombre moyen d'oeufs de harengs dénombrés par estomac était respectivement de 1 530, 3 500 et 6 500 en 1981, 1983 et 1984. Les estimations des mortalités d'oeufs dues à la prédation variaient de 30 % à 69 % du nombre total d'oeufs pondus au cours des trois années d'étude. A l'automne, c'est la plie rouge et le maquereau bleu qui étaient les principaux prédateurs de ces oeufs. Le nombre moyen d'oeufs de harengs relevés par estomac était respectivement de 7 600 et de 3 900 chez les deux espèces. Le taux de mortalité total minimal dû à la prédation a été estimé à 30 %.

2.4.3.7 Analyse

Question:

Quels facteurs déterminent l'emplacement des frayères?

Réponse:

A cet égard, les plus importants facteurs sont la situation géographique et la profondeur de l'eau.

Commentaire:

On ne peut prévoir le taux de recrutement à partir de l'abondance des oeufs, mais cette donnée facilite l'estimation de l'abondance des reproducteurs.

Commentaire:

Les mortalités d'oeufs sont considérables lorsque les couches d'oeufs dépassent $\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ " d'épaisseur.

Question:

En quel emplacement la plus forte concentration d'oeufs a-t-elle été relevée?

Réponse:

La plus forte concentration d'oeufs a été relevée à 45 pieds de profondeur sur la côte ouest du banc Fisherman.

Question:

Quand Pêches et Océans prévoit-il étudier les frayères de la baie des Chaleurs?

Réponse:

Nous prévoyons amorcer cette étude en 1988.

Commentaire:

Les activités de la flottille de pêche influera peut-être sur le comportement des harengs reproducteurs, ce qui entraînera peut-être une forte concentration de frai. Ce facteur n'est pas connu.

Commentaire:

Au cours des études des frayères, la détermination de l'épaisseur des couches d'oeufs pourrait servir à établir un indice de recrutement.

Commentaire:

Il faudrait prévoir davantage d'études dans les frayères de printemps et d'automne de la baie des Chaleurs.

Question:

Pourquoi peut-on observer distinctement la laitance dans la colonne d'eau pendant une si longue période, à savoir pendant plusieurs jours?

Réponse:

On ne sait pas.

Tableau 1. Etendue des frayères de harengs et densité des oeufs dans les principales frayères fréquentées au printemps et à l'automne, d'après les observations faites par les scaphandriers, de 1981 à 1986, dans le sud du golfe de Saint-Laurent.

Saison	Année	Emplacement des frayères	Superficie (103 m ²)	Densité des oeufs (NX10 ³ m ²)
Printemps	1980	Ile Huckleberry	87.5	8.6
	1981	Escuminac (1)	30.0	2.0
		Escuminac (2)	12.5	1.2
	1983	Escuminac	880.0	24.7
	1984	Escuminac (1)	560.0	85.9
		Escuminac (2)	445.0	34.2
		Escuminac (3)	1,100.0	95.8
Automne	1985	Banc Fisherman (1)	286.0	2,590.0
		Banc Fisherman (2)	489.0	250.0
		Banc Fisherman (3)	239.0	4.7
		Banc Fisherman (4)	807.0	6,960.0
	1986	Banc Fisherman	1,100.0	3,800.0

Tableau 2. Nombre moyen de reproducteurs frayant au printemps dans la région d'Escuminac et nombre moyen de reproducteurs frayant à l'automne dans le banc Fisherman.

Année	Saison	Nombre de reproducteurs
1980	Printemps	29,400
1981*	Printemps	3,500
1982	Aucune étude	---
1983	Printemps	930,000
1984	Printemps	7,650,000
1985	Automne	89,500,000
1986	Automne	58,200,000

* Travaux de dragage effectués dans la baie Miramichi.

Fig. 1 Frayères fréquentées au printemps et à l'automne dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Les frayères étudiées sont encadrées.

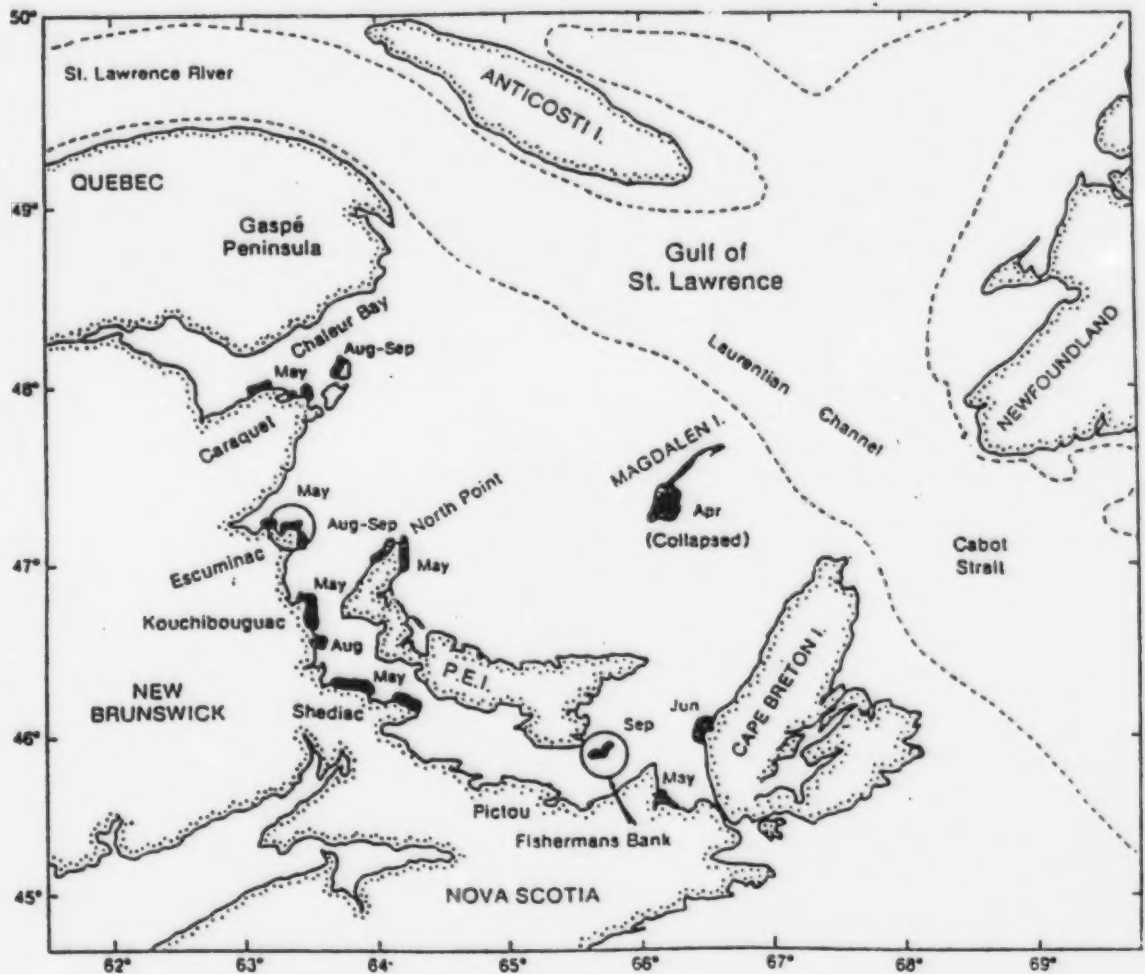
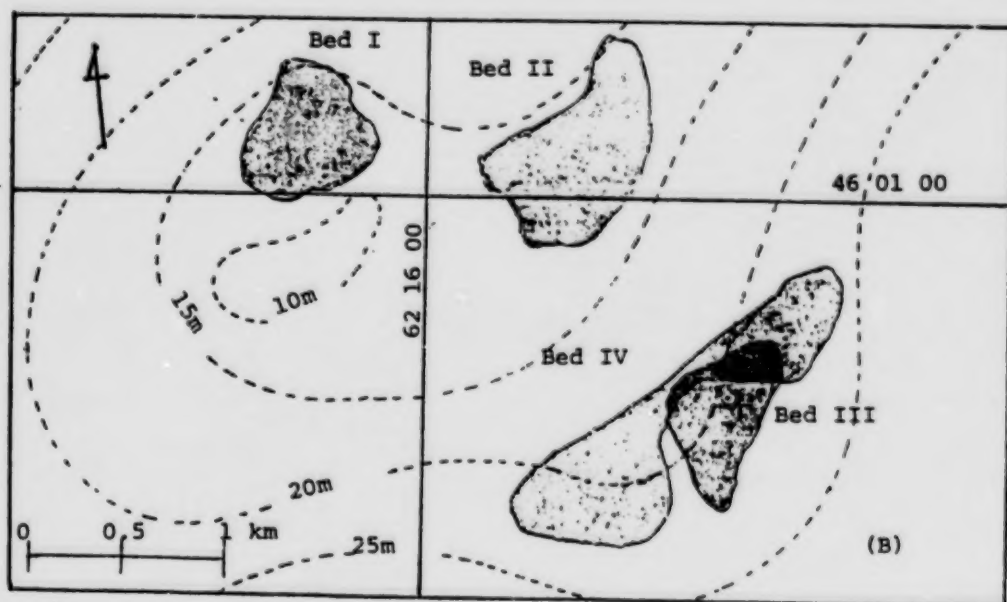
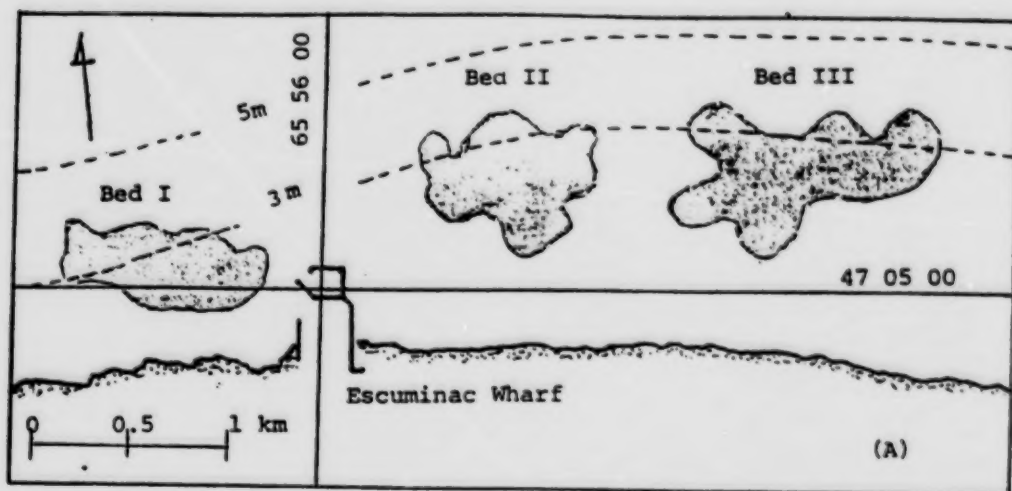


Fig. 2 Frayères de harengs étudiées par les scaphandriers :
A) Escuminac, printemps de 1984;
B) Banc Fisherman, automne de 1985.



2.4.4 Les dénombrements des larves constituent des indices potentiels de l'abondance des stocks

Robert L. Stephenson
Direction des sciences, région de Scotia-Fundy
Pêches et Océans
Station biologique
St-Andrews (Nouveau-Brunswick) EOG 2X0

2.4.4.1 Introduction

Les oeufs démersaux (pondus sur le fond) des harengs éclosent au bout d'environ une semaine; les larves qui émergent des oeufs mesurent approximativement 5 mm de longueur et, se classent parmi les organismes planctoniques (les larves demeurent en suspension ou nagent) pendant plusieurs mois avant de ressembler à un hareng. Pendant cette étape planctonique, il est facile de capturer les larves de hareng au moyen de filets à mailles fines (0,5 mm). Il suffit de simplement traîner les filets en position oblique pendant 10 minutes à une vitesse de 3,5 noeuds pour prélever des échantillons de larves dans toute la colonne d'eau.

On présume que les harengs retournent frayer dans des aires particulières. Les larves demeurent dans les frayères, où, semble-t-il, elles restent groupées pendant une certaine période. En raison de ce phénomène ainsi que du fait que celles-ci peuvent être facilement prélevées, de nombreux chercheurs croient que les larves peuvent potentiellement servir d'indicateurs de la taille des stocks.

A cet égard, il existe deux approches générales: l'abondance des larves a servi tant à la prévision du taux de recrutement futur qu'à la prévision à posteriori de l'abondance des reproducteurs. D'après la figure 1, on constate qu'à partir de l'abondance des larves, on peut prévoir l'abondance future des juvéniles et des adultes et, par une analyse à posteriori, déterminer, dans un premier temps, le nombre d'oeufs pondus par les harengs, et, dans un deuxième temps, l'abondance des géniteurs. Dans les deux cas, on peut obtenir soit le nombre réel de reproducteurs ou de recrues soit un indice relatif, qui peut alors servir à "préciser" les résultats de l'évaluation des stocks ou à en vérifier l'exactitude.

Les deux approches reposent sur des hypothèses distinctes et le moment du prélèvement des larves diffère de l'une à l'autre (figure 2). Pour prévoir le taux de recrutement, on présume que l'effectif de la classe annuelle a déjà été déterminé ou que les facteurs liés aux mortalités futures sont constants d'une année à l'autre. Pour ce type de prévision, les échantillons de larves doivent être prélevés à la fin du développement larvaire.

La prévision à posteriori de l'abondance des reproducteurs à partir de l'abondance des larves présume que les taux d'éclosion des oeufs et que les taux de mortalité des larves au début de leur développement étaient

constants. Les échantillons nécessaires à cette détermination doivent être prélevés au début du développement des larves.

2.4.4.2 Méthodologie

Depuis 1969, on procède tous les ans au dénombrement des larves de hareng dans la baie de Fundy et dans l'est du golfe de Maine (figure 3) et, depuis 1972, les méthodes employées à cette fin sont normalisées. Depuis 1981, l'indice d'abondance des larves établi au cours de ces études sert à effectuer une prévision à posteriori afin d'apporter plus de précision à l'analyse des cohortes au cours de l'évaluation des stocks de harengs dans la zone de pêche 4WX.

L'étude, qui englobe généralement 112 stations, est réalisée à la fin d'octobre et au début de novembre tous les ans. On traîne transversalement des filets doubles bongo de 61 cm (mailles de 0,505 mm), munis de débitmètres numériques, à une profondeur de 5 m au-dessus du fond dans chaque station. Les larves sont retirées des échantillons de plancton préservés, puis elles sont identifiées, dénombrées et mesurées. On procède à l'analyse volumétrique des larves d'après le volume d'eau qui est filtré par les filets pendant une période de 10 minutes (nombre de larves par mètre cube); les valeurs obtenues servent à déterminer le nombre de larves par mètre carré de surface, en fonction de la profondeur de chaque station. D'après les cartes de répartition des larves (figure 4) qui sont alors établies, on constate que, tous les ans, les larves se rassemblent au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse (dans les environs des principales frayères).

L'indice d'abondance représente la moyenne géométrique de la densité des larves (m^{-2}) dans la série régulière de stations échantillonnées. Un tableau mettant en rapport l'abondance des larves au cours des ans et les estimations de l'effectif des reproducteurs (figure 5) est établie pour que les résultats de l'évaluation soient plus précis (voir section 2.5).

2.4.4.3 Analyse

Question:

Des études sur les larves ont-elles été effectuées dans le golfe?

Réponse:

À cet égard, on dispose d'une série de données relevées pendant dix ans, à savoir de 1965 à 1975, mais elles concernent les larves de morue et ne peuvent donc pas être employées pour établir un indice d'abondance.

Commentaire:

Navicula a recueilli des larves de hareng dans la baie St-Georges. L'étude qu'il a menée se restreignait à une zone très limitée et a été de courte durée.

Question:

Serait-il utile d'effectuer des études sur les larves de hareng dans la zone 4I?

Réponse:

Étant donné que ces études ne servent qu'à prévoir l'abondance des reproducteurs, elles seraient moins utiles dans le golfe, car on y étudie déjà les reproducteurs.

Fig. 1 Estimations possibles à partir de l'abondance des larves de hareng.

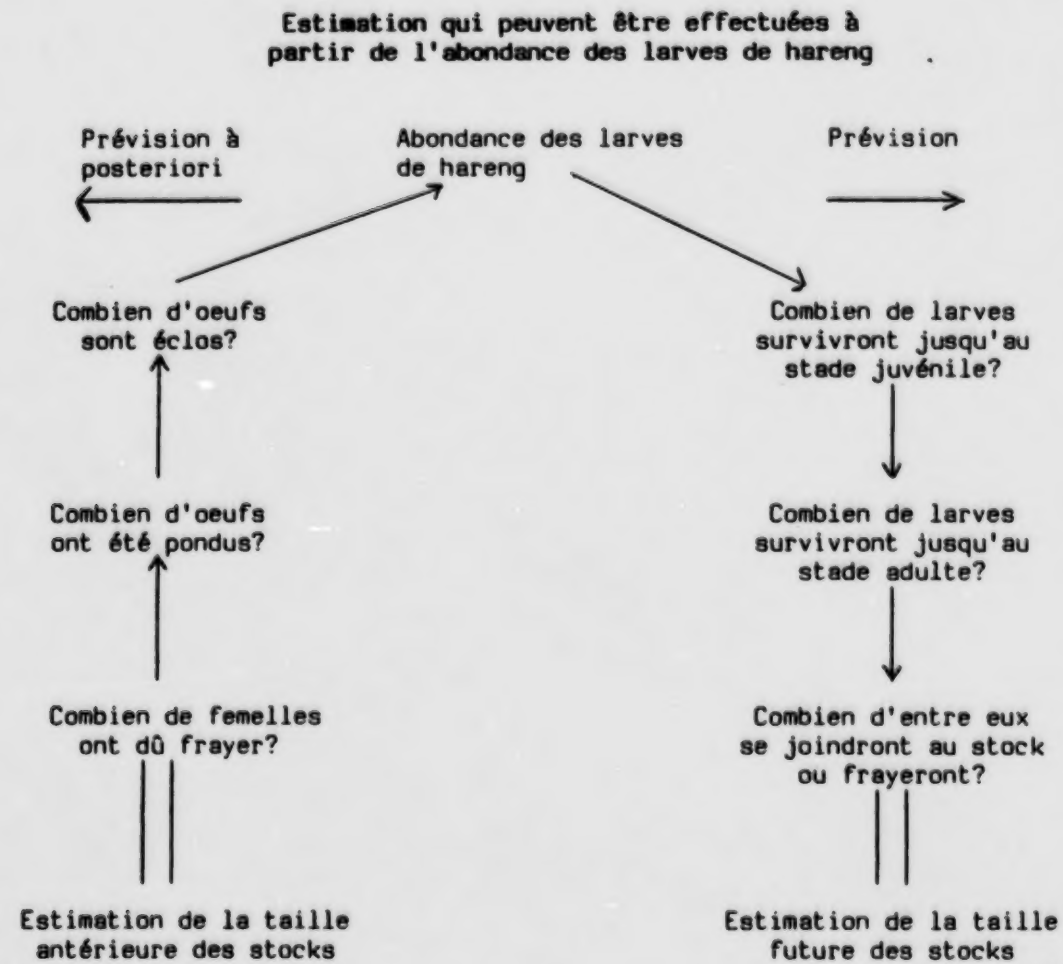


Fig. 2 Schéma représentant l'effet du moment où ont lieu les études des larves sur les possibilités relatives de prévoir à posteriori la taille des stocks de reproducteurs et de prévoir le nombre de recrues futures.

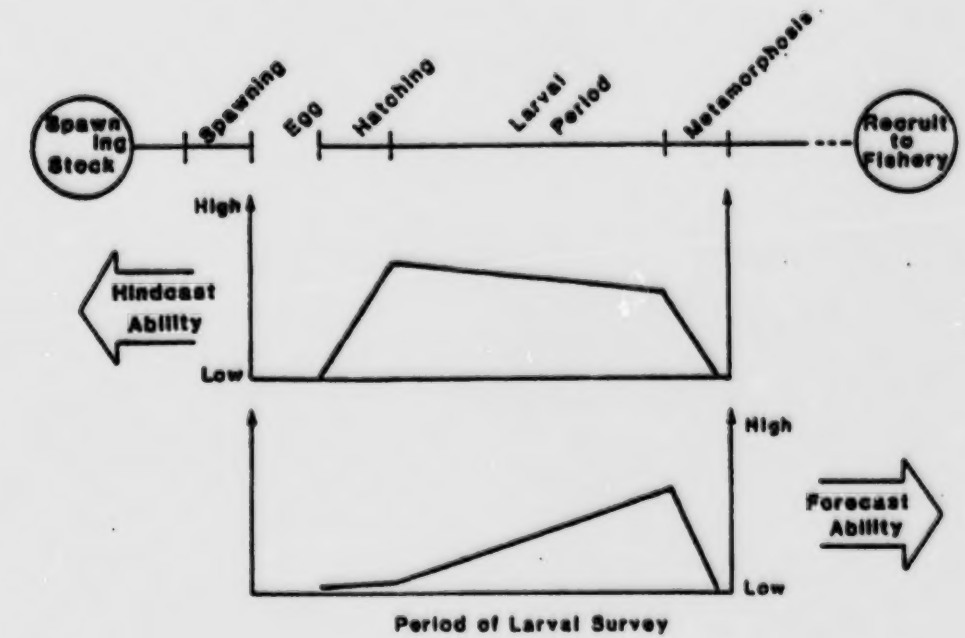


Fig. 3 Stations d'échantillonnage des larves de hareng dans la baie de Fundy, 1972-1985.



Fig. 4 Répartition de la densité des larves de hareng (nombre par m² en fonction de la profondeur de l'eau) en 1985 dans la baie de Fundy.

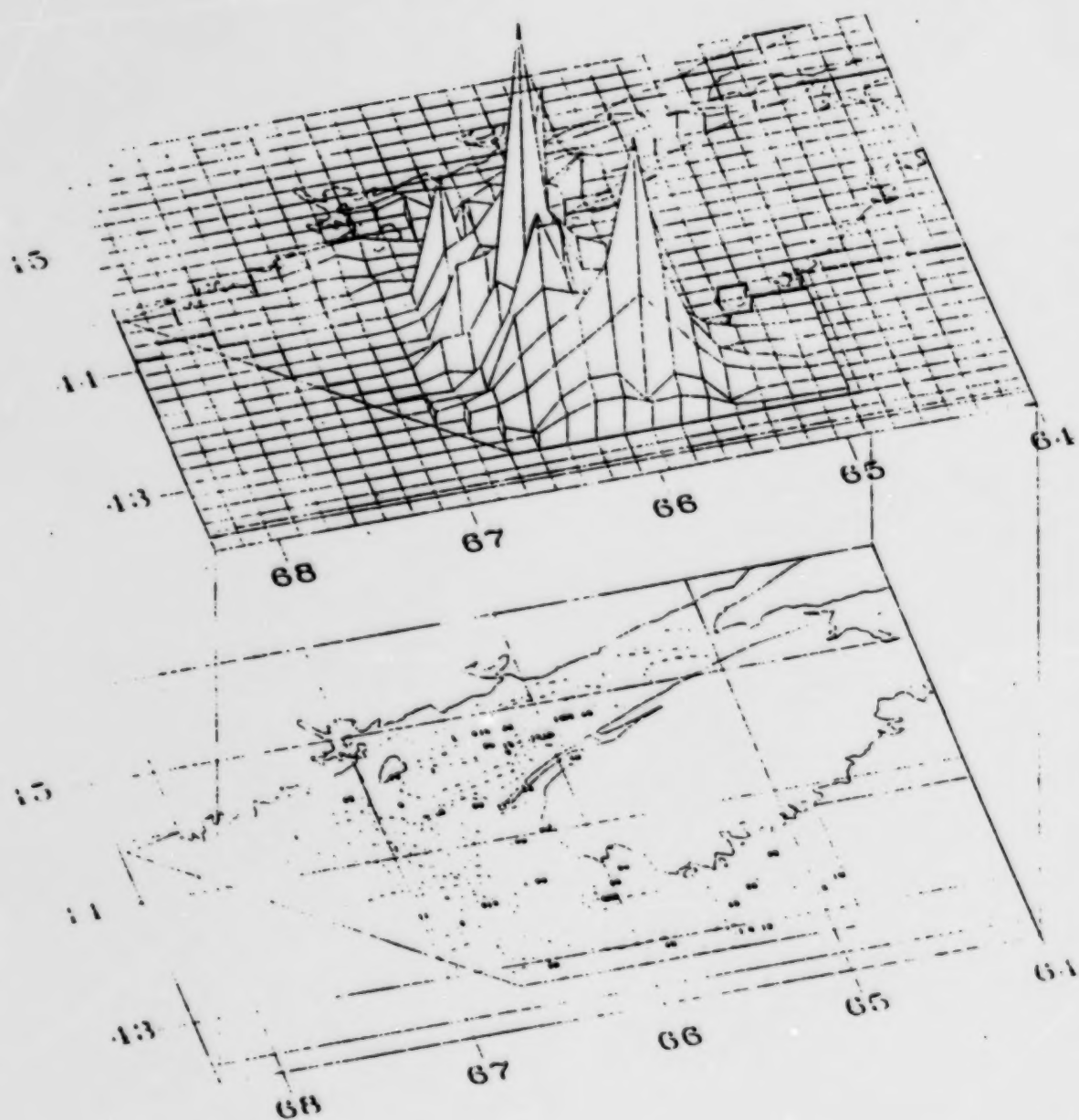
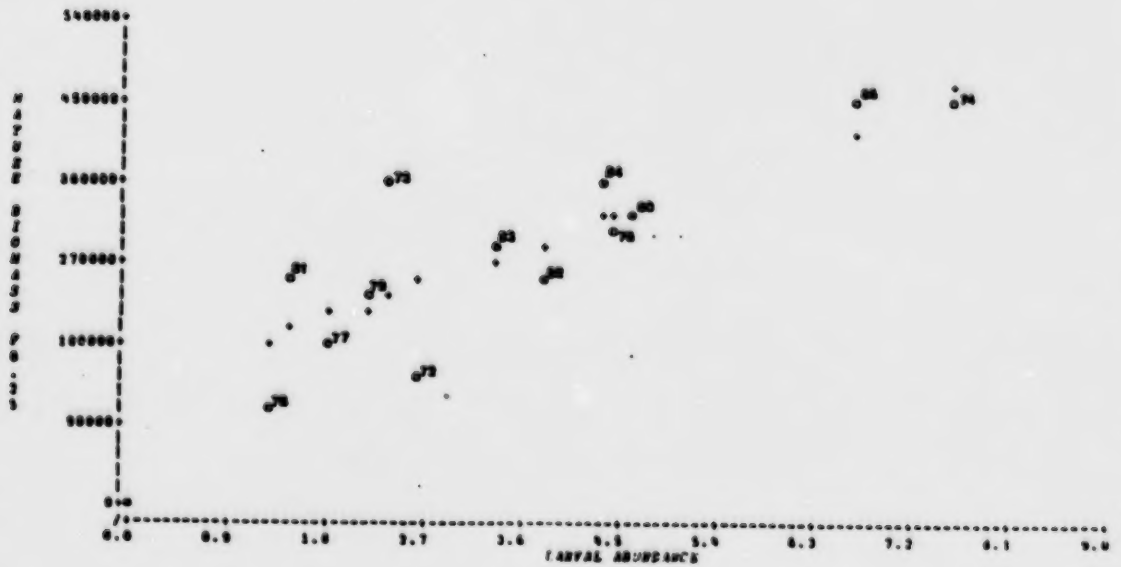


Fig. 5 Tableau permettant de préciser la biomasse des harengs en fonction de l'abondance des larves dans la zone de pêche 4WX, 1972-1985.



2.4.5 Journaux de bord dans la baie de Fundy

Michael J. Power et Robert L. Stephenson
Direction des sciences, région de Scotia-Fundy
Pêches et Océans
Station biologique
St-Andrews (Nouveau-Brunswick) EOG 2X0

2.4.5.1 Introduction

Dans les sections antérieures, on a souligné à quel point il est important de disposer de données précises sur les captures commerciales en vue d'évaluer les stocks. Les journaux de bord des bateaux de pêche offrent peut-être les données les plus utiles à cet égard. S'ils sont bien conçus et remplis comme il se doit, les journaux de bord donnent une description complète et détaillée des opérations, dont le nombre de captures, les zones exploitées et l'effort de pêche. Etant donné que l'importance des journaux de bord dans la compilation des données sur les captures fait l'objet de la section 2.2, précisons simplement que ces documents sont peut-être utiles au cours de la détermination des prises "totales" par rapport aux poissons "débarqués" (on peut ainsi déterminer le nombre de poissons libérés) et de la ventilation des captures par zone plus petite.

En outre, les données sur les captures et l'effort de pêche (c'est-à-dire, la durée des recherches) ou les captures par unité d'effort (CPUE), qui sont fournies dans les journaux de bord, permettent d'établir des indices d'abondance des stocks. En se fondant sur le principe selon lequel les captures devraient être plus nombreuses lorsque les poissons sont plus abondants, le taux de captures (ou les captures par unité d'effort de pêche) devraient varier en fonction des variations de l'abondance des stocks.

Dans la présente section, on examine un nouveau journal de bord qui est utilisé depuis peu par les pêcheurs à la senne coulissante de la zone 4WX et la possibilité qu'il offre d'établir divers indices des CPUE.

2.4.5.2 Mise au point du journal de bord utilisé par les pêcheurs à la senne coulissante dans la zone 4WX

Ce sont les pêcheurs à la senne coulissante qui dominent la vaste zone de pêche de hareng 4WX. Depuis plusieurs années, leurs contingents représentent 80 % des captures totales admissibles et, en 1985, les 41 bateaux exploités ont enregistré un débarquement total de 101 337 tonnes, ce qui représente 90 % des captures dans la zone 4WX (Stephenson *et al.* 1986). De toute évidence, une telle exploitation peut influencer sur la composition des stocks et les paramètres employés pour les évaluer (particulièrement les indices des CPUE).

Bien que de fort nombreuses données aient été recueillies de façon régulière auprès des pêcheurs à la senne coulissante oeuvrant dans la zone 4WX, sur les plans de la qualité et de la quantité, ces renseignements n'ont pas toujours été adéquats. Afin de tenter d'améliorer la qualité des données biologiques, on a mis au point un nouveau journal de bord destiné aux pêcheurs à la senne coulissante (figure 1), qui a été utilisé pour la première fois pendant l'été de 1985 dans la zone 4X. Avant 1985, les pêcheurs de la zone 4WX utilisaient plusieurs types de journaux de bord, qui ne leur permettaient pas d'inscrire certains renseignements importants pour les pêcheurs de hareng à la senne coulissante, particulièrement en ce qui concerne le temps de recherche. Le nouveau journal comporte plusieurs améliorations : par exemple, pour chaque sortie ou nuit de pêche, il prévoit une page où les pêcheurs peuvent inscrire le temps qu'ils ont consacré à la recherche des stocks, les marchés qu'ils visent et des précisions au sujet des mouillages. En outre, plusieurs améliorations opérationnelles ont été apportées simultanément : par exemple, les permis précisent que les pêcheurs sont tenus de remettre toutes les semaines leurs journaux de bord aux autorités, ce qui a permis de réduire le nombre de rapports inexacts et a amélioré l'assiduité des pêcheurs à remettre leurs journaux de bord. Tous les journaux ont été interprétés et codés par des membres du personnel de la Division des poissons de mer de Pêches et Océans connaissant bien la pêche du hareng. Ces initiatives se sont traduites par un accroissement notable des données sur les captures des pêcheurs à la senne coulissante (pour de plus amples renseignements sur la mise au point et l'analyse de ces journaux de bord, voir Power et Stephenson, 1986).

La première année, à savoir en 1985, les résultats ont été excellents : les 41 bateaux exploités ont rempli et fourni 1 802 pages (nuits de pêche), représentant 2 295 mouillages et englobant 96 % du poids des captures au débarquement. En général, les renseignements fournis étaient complets et lisibles. Ils étaient précis en ce qui concerne l'emplacement des captures (96 %) et les prises mêmes (84 %).

Après l'analyse initiale des données de 1985, on a mis les capitaines des bateaux touchés au courant des résultats; on leur a remis, entre autres, un résumé des données fournies dans leurs journaux particuliers et un résumé de la performance de l'ensemble de la flotille.

2.4.5.3 Analyse des CPUE

Les renseignements des journaux de bord en 1985 ont permis d'établir plusieurs indices horaires et quotidiens des CPUE par mouillage (c'est-à-dire captures par mouillage). Les valeurs relevées au cours d'une unique année ne peuvent servir à l'établissement d'un indice d'abondance. A cette fin, il faut disposer de statistiques comparables pour une série d'années. Toutefois, même si l'on dispose d'une telle série de données, on peut mettre en question la validité des indices des CPUE des pêcheurs à la senne coulissante établis au moyen de ces renseignements compte tenu de la variabilité du potentiel de capture des poissons pélagiques selon la taille des bancs et de l'impact des activités de la flotille sur les taux de capture. Cependant, on croit qu'il est possible de compiler une série de

données utiles sur les CPUE et on travaille actuellement à la constitution d'une série de données chronologiques au moyen des journaux de bord. En outre, les renseignements détaillés fournis par les journaux de bord sur les paramètres spaciaux sont essentiels à l'établissement du tableau des captures au cours de l'évaluation des stocks de harengs dans la zone 4WX, et on juge qu'il vaut la peine de continuer à déployer des efforts pour le rassemblement et l'analyse des journaux de bord, ne fût-ce que pour cette unique raison.

En remplissant les journaux de bord, les pêcheurs peuvent faciliter considérablement le processus d'évaluation. Comme il a été mentionné antérieurement, les données des journaux de bord peuvent être fort utiles. Toutefois, pour que la série de données recueillies à partir de ces documents soit valable, il faut que les pêcheurs remplissent consciencieusement leurs journaux de bord et on compte donc sur leur collaboration.

2.4.5.4 Bibliographie

Power, M. J. et R. L. Stephenson, 1986, An analysis of logs from the 1985 4Xa summer herring purse seine fishery, Doc. de recherche 86/44 des CSCPCA, 35 p.

Stephenson, R. L., M. J. Power et T. D. Iles, 1986, Assessment of the 1985 4WX herring fishery, Doc. de recherche 86/43 du CSCPCA, 46 p.

2.4.5.5 Analyse

Question:

Pourquoi enregistre-t-on la durée du mouillage et la durée d'utilisation du sonar dans le journal de bord?

Réponse:

Pour déterminer la durée précise de la pêche ou de l'exploration, on soustrait la durée du mouillage de la durée d'utilisation du sonar.

Question:

Est-ce exact que les senneurs du sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse ont sous-estimé leurs prises au début de la saison, puis les ont surestimées à la fin de celle-ci de manière à respecter leurs contingents.

Question:

La présentation de données erronées peut-elle entraver l'utilité des journaux de bord?

Réponse:

Oui. Une façon de remédier à cette situation serait de ne retenir que les journaux de bord de pêcheurs fiables.

Commentaire:

La Direction des statistiques n'a pas recours aux journaux de bord des senneurs pour surveiller les contingents ni pour calculer les débarquements totaux. Ces documents sont expédiés directement aux biologistes.

Question:

Des observateurs sont-ils affectés aux senneurs dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse?

Réponse:

À l'heure actuelle, non; toutefois, des observateurs étaient affectés à ces bateaux il y a plusieurs années.

Commentaire:

On devrait examiner la possibilité d'affecter des observateurs aux senneurs dans la zone 4T.

Fig. 1. Version révisée du journal de bord de la zone 4WX adoptée en 1985 par les pêcheurs à la senne coulissante exploitant la zone 4Xa en été.

[illegible]

Fig. 2. Statistiques générales sur les divers paramètres des CPUE - zones de pêche à la senne coulissante 4Xa exploitées en été en 1985

Paramètres	Nombres d'observations	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Captures totales (tm) par campagne	1802	46.2	38.1	0	562.5
Captures conservées (tm) par campagne	1802	44.6	35.0	0	224.0
Poissons libérés (tm) par campagne	1802	1.6	14.7	0	471.7
Durée totale d'une campagne (heures)	1494	12.2	3.9	1.0	36.0
Durée totale de l'exploration par campagne (heures)	1177	4.4	2.8	0.1	14.5
Captures par heure (tm)	994	26.6	41.8	0.2	590.0*
Captures par mouillage (tm)	1539	41.2	25.1	0.9	187.5
Libérations par heure (tm)	44	13.0	18.6	0.3	113.4
Libérations par mouillage (tm)	68	26.3	25.6	0.6	157.2
Captures conservées par heure (tm)	980	26.4	41.8	0.2	590.0*
Captures conservées par mouillage (tm)	1519	40.6	24.4	0.9	164.2
Mouillages par heure	1054	0.6	0.7	0.1	10.0

*Résultats obtenus au cours d'un mouillage (temps de recherche = 0.1 heure et captures de 59,0 tm).

2.4.6 Consultation des pêcheurs: pêcheurs aux filets maillants du golfe du Saint-Laurent

Gloria Nielsen
Direction des sciences, Région du Golfe
Pêches et Océans
Moncton (Nouveau-Brunswick)

2.4.6.1 Indice d'abondance historique

Aux fins de l'évaluation des stocks du sud du golfe du Saint-Laurent, depuis 1981, on a recours aux nombres de captures par filet comme indice d'abondance dans les zones de pêche du hareng aux filets maillants. Cette valeur détermine d'une part, le nombre de captures par campagne d'après les bordereaux d'achat et, d'autre part, le nombre de filets tendus par campagne d'après les renseignements fournis par les pêcheurs aux filets maillants. On présume que les pêcheurs mouillent leurs filets une fois par campagne et qu'ils effectuent une campagne par jour, et on ne retient que les données des pêcheurs aux filets maillants qui vendent au moins 50 % de leurs captures aux transformateurs. En outre, l'indice établi pour les zones de pêche exploitées en automne ne s'applique qu'à la péninsule acadienne, tandis que l'indice relatif aux zones de pêche exploitées au printemps englobe toutes les zones de pêche aux filets maillants du Nouveau-Brunswick et la majorité de celles de l'ouest de l'Île-du-Prince-Édouard.

2.4.6.2 Historique des études effectuées auprès des pêcheurs aux filets maillants

En 1978 et 1979, Bob O'Boyle et Lynn Cleary ont procédé à des études approfondies sur la pêche du hareng aux filets maillants dans les provinces de l'Atlantique afin de rassembler des données de base sur la pêcherie du sud du golfe de Saint-Laurent. À cette fin, ils ont consulté les pêcheurs aux filets maillants au port même et ont expédié par la poste des questionnaires à tous les pêcheurs aux filets maillants détenteurs de permis dans les trois provinces. Au total, 174 pêcheurs aux filets maillants ont été interviewés et sur un total de 3 339 questionnaires expédiés, 888 ont été remplis et renvoyés par les pêcheurs. Pour la période de 1970 à 1979, on a recueilli des données sur la répartition spatiale et temporelle des stocks, les caractéristiques des engins utilisés, le nombre de jours de pêche et le nombre de filets employés, les marchés auxquels étaient destinées les captures puis certaines caractéristiques des populations de hareng. Ces renseignements ont servi à établir l'indice d'abondance historique des zones de pêche aux filets maillants.

En 1982, Cleary a de nouveau envoyé des questionnaires à tous les pêcheurs aux filets maillants détenteurs de permis des provinces de l'Atlantique afin de rassembler principalement des données sur la répartition et l'intensité des pêches pour la période de 1980 à 1982. Sur le total de 3 600 questionnaires expédiés, 1 055 ont été remplis et

renvoyés. Les données ont été résumées selon une répartition temporelle différente, ce qui a créé des difficultés de comparaison avec les données antérieures.

En 1983, Martin Ahrens a interviewé 162 pêcheurs aux filets maillants afin de déterminer le maillage des filets employés et la répartition de ces filets en fonction du maillage. Grâce aux renseignements recueillis au cours de ces interviews et de discussions informelles avec les pêcheurs aux filets maillants au cours des quelques années subséquentes, il a constaté que la répartition des filets en fonction du maillage et que le nombre de filets tendus n'avaient pas varié de façon marquée de 1982 à 1985.

Toutefois, en 1985, les pêcheurs de hareng aux filets maillants dans la zone 4T ont signalé que le nombre de filets mouillés différaient de celui du début des années 1980, et que les efforts constants déployés aux fins de l'évaluation provoquaient une surestimation considérable de la taille des populations de hareng. Par conséquent, la Division des poissons de mer a préparé une étude afin de vérifier l'exactitude de ces données.

L'étude comportait plusieurs objectifs :

1. Déterminer la répartition et l'intensité de l'effort de pêche du hareng de 1983 à 1985;
2. Déterminer le maillage et la répartition des filets en fonction du maillage pour 1985; et
4. Déterminer le pourcentage des captures de hareng calculées au moyen des bordereaux d'achat en 1985.

On a procédé à un sondage aléatoire systématique auprès des pêcheurs aux filets maillants actifs détenant des permis dans les Maritimes et le Québec. Ces pêcheurs ont été interviewés en personne. Au total, les enquêteurs ont rencontré 310 pêcheurs. Les données recueillies ont été résumées pour chacune des huit zones de pêche "importantes" retenues (figure 1), puis elles ont été combinées afin d'obtenir les résultats globaux pour la zone 4T. Etant donné que les limites des zones d'étude différaient de celles des zones retenues au cours des études antérieures, il était difficile de procéder à des comparaisons. Toutefois, on a combiné de nouveau les renseignements afin de mettre à jour l'indice d'abondance historique, ce qui, en fait, a permis de déterminer que les efforts de pêche avaient diminué au cours des dernières années, comme l'avaient signalé les pêcheurs.

2.4.6.3 Etudes de 1986

Une étude similaire à celle de 1985 a été effectuée en 1986. Toutefois, certaines modifications y ont été apportées : les interviews ont été faites par téléphone; aucun pêcheur des îles de la Madeleine n'a été consulté; et une autre méthode a été employée pour sélectionner les pêcheurs interviewés. Les objectifs généraux de l'étude étaient identiques à ceux de 1985, mais les données recueillies ne concernaient que la saison de pêche de 1986.

Afin d'obtenir un échantillon représentatif non biaisé de tous les pêcheurs aux filets maillants exploitant le hareng dans le sud du golfe, on a d'abord dressé la liste de tous les pêcheurs aux filets maillants détenant un permis. On a constaté que ces derniers étaient beaucoup plus nombreux que les pêcheurs actifs en 1986 (tableau 1) et, on a donc dressé la liste de tous les bateaux de pêche canadiens pour lesquels des bordereaux d'achat ont été soumis. Cette liste, établie en fonction des ports d'attache, a permis de choisir un échantillon aléatoire systématique de plus de 400 pêcheurs aux filets maillants. Au moyen de la liste des bateaux de pêche canadiens et de celle des pêcheurs aux filets maillants détenant des permis, on a pu obtenir le numéro de téléphone et l'adresse des pêcheurs choisis. Au Québec, un échantillon aléatoire a été constitué d'après la liste des pêcheurs aux filets maillants détenteurs de permis. Au total, 342 pêcheurs aux filets maillants actifs en 1986 ont été interviewés. Un résumé de la taille de l'échantillon par zone est présenté au tableau 2.

2.4.6.4 Résultats de l'étude de 1986

Les figures 2 à 7 comparent les efforts de pêche de 1984-1986. Depuis 1984, le nombre de filets employés au cours de la saison de pêche printanière a augmenté dans deux zones (Escuminac et sud-est du Nouveau-Brunswick) et a diminué dans deux autres (Québec et ouest de l'Île-du-Prince-Édouard). Depuis cette date, dans les zones exploitées en automne, le nombre de filets tendus a diminué en Nouvelle-Écosse et dans l'ensemble de l'Île-du-Prince-Édouard. En général, le nombre de jours de pêche a diminué dans les zones exploitées au printemps, sauf dans le sud-est du Nouveau-Brunswick et l'ouest de l'Île-du-Prince-Édouard. Au cours de la période d'exploitation de pointe à l'automne, le nombre de jours de pêche a, de façon générale, diminué, mais aucune tendance n'a pu être établie en ce qui concerne le nombre de jours de pêche en dehors de cette période depuis 1984.

Les trois indices ci-après ont été établis et comparés à ceux de l'étude de 1985:

1. nombre moyen de filets mouillés par pêcheur aux filets maillants;
2. nombre de filets mouillés par campagne; et
3. nombre total de filets mouillés par zone de pêche.

Dans les zones de pêche exploitées au printemps, les trois indices étaient constants pour la péninsule acadienne, le sud-est du Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse et l'ouest de l'Île-du-Prince-Édouard pendant la période de trois ans (Figure 6). Au Québec, à Escuminac et dans l'est de l'Île-du-Prince-Édouard, les indices n'ont pas présenté de tendances similaires en fonction des zones. Toutefois, le nombre de filets mouillés par pêcheur aux filets maillants et le nombre de filets mouillés par campagne présentent les mêmes tendances dans toutes les zones, sauf à Escuminac. Lorsque les indices par zone sont pondérées en fonction du débarquement afin d'établir l'indice général du golfe, les résultats ne suivent pas de tendance bien définie dans les zones de pêche exploitées au

printemps (on exclut les zones de pêche du Québec au cours de l'établissement de l'indice général du golfe).

Dans les zones de pêche exploitées à l'automne, les trois indices ne présentent une constance interne que dans l'est et l'ouest de l'Île-du-Prince-Édouard (Figure 7). Toutefois, de nouveau, le nombre de filets mouillés par pêcheur aux filets maillants et le nombre de filets mouillés par campagne présentent généralement les mêmes tendances par zone. Les indices totaux du golfe ne suivent pas de tendance bien définie.

L'indice d'abondance historique donné à la figure 8 n'a pas varié depuis 1984 ni dans les zones de pêche exploitées au printemps ni dans celles exploitées à l'automne.

Les pourcentages de poissons conservés par les pêcheurs pour leur usage personnel et les pourcentages de poissons vendus aux transformateurs ou rejetés à la mer diffèrent de façon marquée par rapport à 1985. Au printemps, le pourcentage des captures vendues aux transformateurs était plus élevé dans les zones de pêche du Nouveau-Brunswick. À l'automne, ce pourcentage était beaucoup plus élevé dans le golfe du Saint-Laurent et, à Escuminac et dans l'ouest de l'Île-du-Prince-Édouard, le pourcentage de poissons conservés par les pêcheurs pour leur usage personnel, qui était élevé en 1985, a diminué en 1986 (voir figures 9 et 10).

Le tableau 3 résume la composition des engins en fonction de leur maillage dans les zones de pêche. Dans les zones exploitées au printemps, la majorité des filets employés avaient des mailles de 2,25 et de 2,5 pouces et, en 1986, le pourcentage de filets à maillage de 2,63 et de 2,75 pouces était plus élevé. Au printemps, les pêcheurs utilisent des filets avec des mailles de dimensions très variées. À l'automne, celles-ci sont moins variées, et les pêcheurs emploient généralement des filets à plus grandes mailles, à savoir, dans la majorité des cas, des mailles de 2,38 et de 2,75 pouces.

2.4.6.5 Analyse

Commentaire:

Au cours des interviews effectuées en 1985, il était difficile d'établir une distinction entre les périodes de pointe et les autres périodes de pêche.

Commentaire:

Certains pêcheurs ne veulent plus être interviewés. Devons-nous communiquer les résultats des études aux pêcheurs?

Commentaire:

Pour établir les taux de captures, il faut disposer de données sur le nombre de filets tendus par campagne, le nombre de campagnes effectuées et les captures totales. Au cours des entrevues au téléphone, on peut rassembler des données sur le nombre de filets tendus par campagne.

Commentaire:

L'industrie devrait examiner l'indice d'abondance des filets maillants avant que l'on puisse l'utiliser aux fins de l'évaluation des stocks.

Commentaire:

Essaie-t-on d'établir une distinction entre les pêcheurs auxquels on attribue des contingents quotidiens et les autres pêcheurs?

Commentaire:

Les flottilles réduisent leur capacité de stockage. Dans quelle mesure la réduisent-elle? En tient-on compte au cours des études?

Commentaire:

Les résultats de l'étude de 1985 étaient-ils valables étant donné que les pêcheurs savaient que leurs réponses influeraient sur l'indice d'abondance.

Commentaire:

Dans le sud-est de la Nouvelle-Écosse, on a conseillé aux pêcheurs de sous-estimer le nombre de filets utilisés afin d'essayer d'augmenter artificiellement le taux de captures aux filets maillants.

Commentaire:

Le nombre de filets halés influent sur le taux de captures : deux filets halés à deux reprises capturent plus de poissons que six filets halés une seule fois.

Commentaire:

Dans quelle mesure la pêche d'interception influe-t-elle sur les taux de captures? Si l'indice d'abondance ne tient pas compte de la route migratoire des poissons, cela indique-t-il que seulement un faible pourcentage des stocks est exploité?

Commentaire:

D'après l'industrie, que devrait être le taux de captures? Les pêcheurs pourraient-ils établir leur propre indice historique relatif aux taux de captures?

Commentaire:

Il semble qu'en 1982 et 1983, le CCSCPA a sous-estimé les populations et il y a donc eu perte de rendement potentiel. Par conséquent, il importe que les indices des taux de captures soient exacts.

Tableau 1a) Résumé de l'enquête effectuée par téléphone en 1986.

ZONE	NOMBRE DE PERMIS	NOMBRE DE BATEAUX DE PÊCHE CANADIENS
QUÉBEC	1224	
Pén. acadienne	623	301
Escuminac	331	158
S.-E. du N.-B.	264	112
S.-E.	436	116
S. de l'I.-du-P.-É.	383	86
O. de l'I.-du-P.-É.	484	114
TOTAL	3745	887

Tableau 1b) Nombre de pêcheurs exploitant le hareng aux filets maillants dans chaque zone de pêche en 1986.

ZONE	NOMBRE DE PÊCHEURS	NOMBRE DE RAPPORTS	PROBLÈMES (N° DE TÉLÉPHONE, ADRESSE)	NOMBRE DE PÊCHEURS IMPOSSIBLES À CONTACTER	NOMBRE DE PÊCHEURS REFUSANT DE COLLABORER	NOMBRE DE PÊCHEURS INACTIFS
QUÉBEC	51	21	6	16	1	7
Pén. acadienne	129	111	15	1	1	1
Escuminac	67	57	8	1	1	0
S.-E. du N.-B.	49	33	9	4	2	1
S.-E.	51	38	9	1	2	1
S. de l'I.-du-P.-É.	37	28	4	4	0	1
O. de l'I.-du-P.-É.	71	54	5	9	1	2
TOTAL	455	342	56	36	8	13

Tableau 2: Pourcentage de filets en fonction du maillage employés par les pêcheurs aux filets maillants exploitant le hareng dans la zone 4T.

PRINTEMPS DE 1985

Zone	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que	7.8	5.8		48.9		6.0	9.5	11.0	6.3	1.0	3.5
A Pen	3.3			14.7		40.6	26.5	13.7	1.2		
Esc		0.6		72.1		17.5	9.8				
SeNB				89.3		6.9	3.7				
NS	2.6			5.1		21.7	48.0	22.6			
E PEI				15.2		46.2	21.7	7.1	4.9	3.9	
W PEI	0.3			55.2	4.2	23.4	10.1	1.1	4.0	1.0	

PRINTEMPS DE 1986

Zone	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que		4.0		25.0		2.6	21.0	36.8	9.2		1.3
A Pen				10.0	1.8	33.8	37.0	12.0	2.7	2.7	
Esc	3.0	0.8	3.3	77.8	4.9	5.7	3.6	2.3	2.0		
SeNB		1.0		85.8		7.0			3.0		
NS				10.0		28.0	32.0	30.0			
E PEI				66.7		4.2	4.2	16.7		8.3	
W PEI	5.9	6.2	2.7	50.2	4.2	17.5		3.9	1.2	8.2	0.2

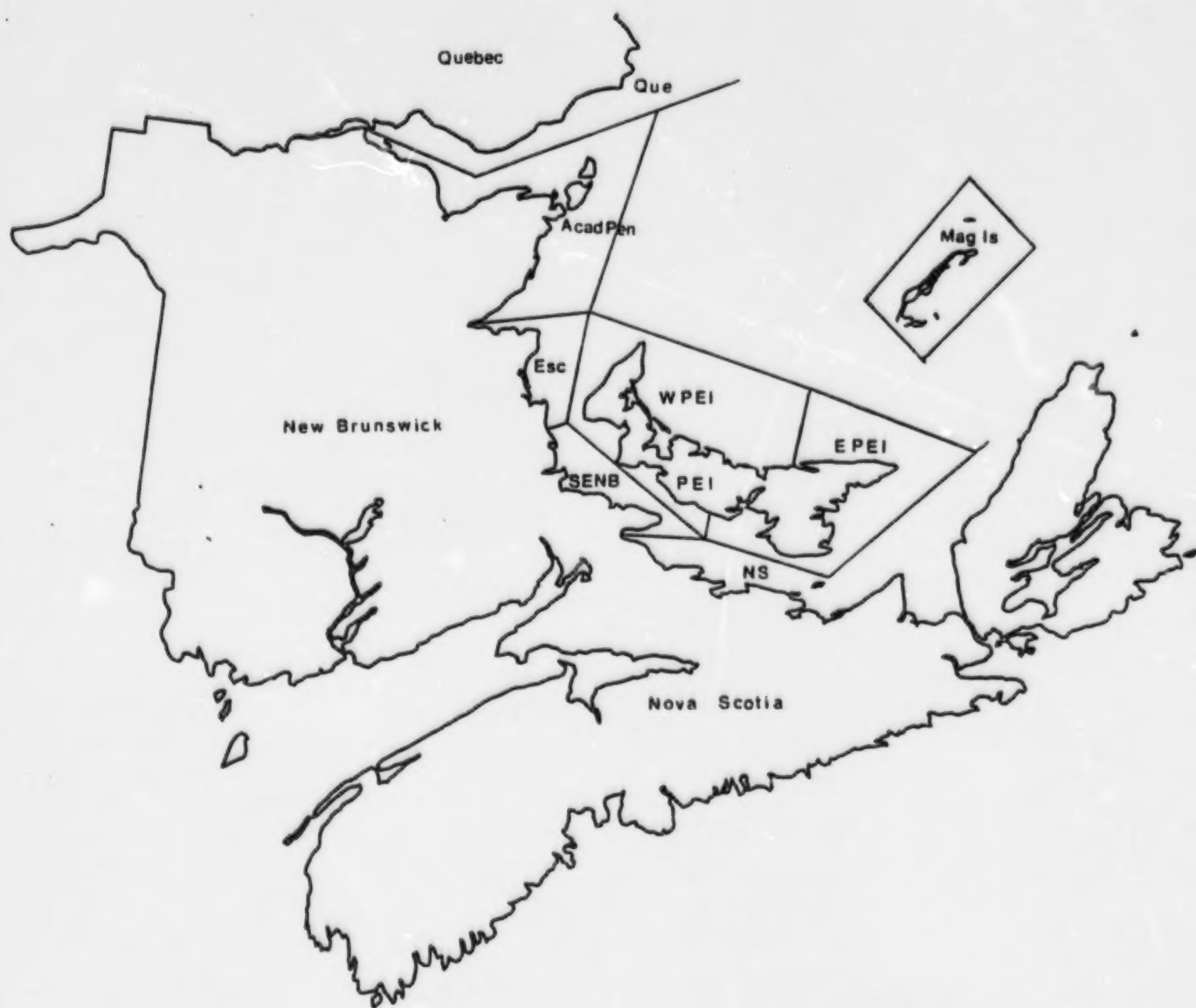
AUTOMNE DE 1985

Zone	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que	10.4	6.0		0.5		5.1	18.8	18.5	27.3	5.1	8.1
A Pen							1.0	79.7	16.6	2.5	0.3
Esc									100.0		
SeNB											
NS						2.5	3.7	93.8			
E PEI								98.6	1.4		
W PEI				3.3	0.9	3.7	2.7	40.1	30.1	19.2	

AUTOMNE DE 1986

Zone	<=2"	2 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{5}{16}$	2 $\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{5}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	>=3"
Que				3.6		3.6	27.3	65.5			
A Pen	0.4					1.0		73.4	13.7	8.2	3.3
Esc								85.7	7.1	7.1	
SeNB											
NS						3.6	8.9	83.5	3.2	0.8	
E PEI	13.2						1.9	85.1			
W PEI						4.0	43.0	40.0		13.0	

Fig. 1 Division géographique du sud du golfe de Saint-Laurent employée au cours de l'étude sur la pêche aux filets maillants du hareng en 1985



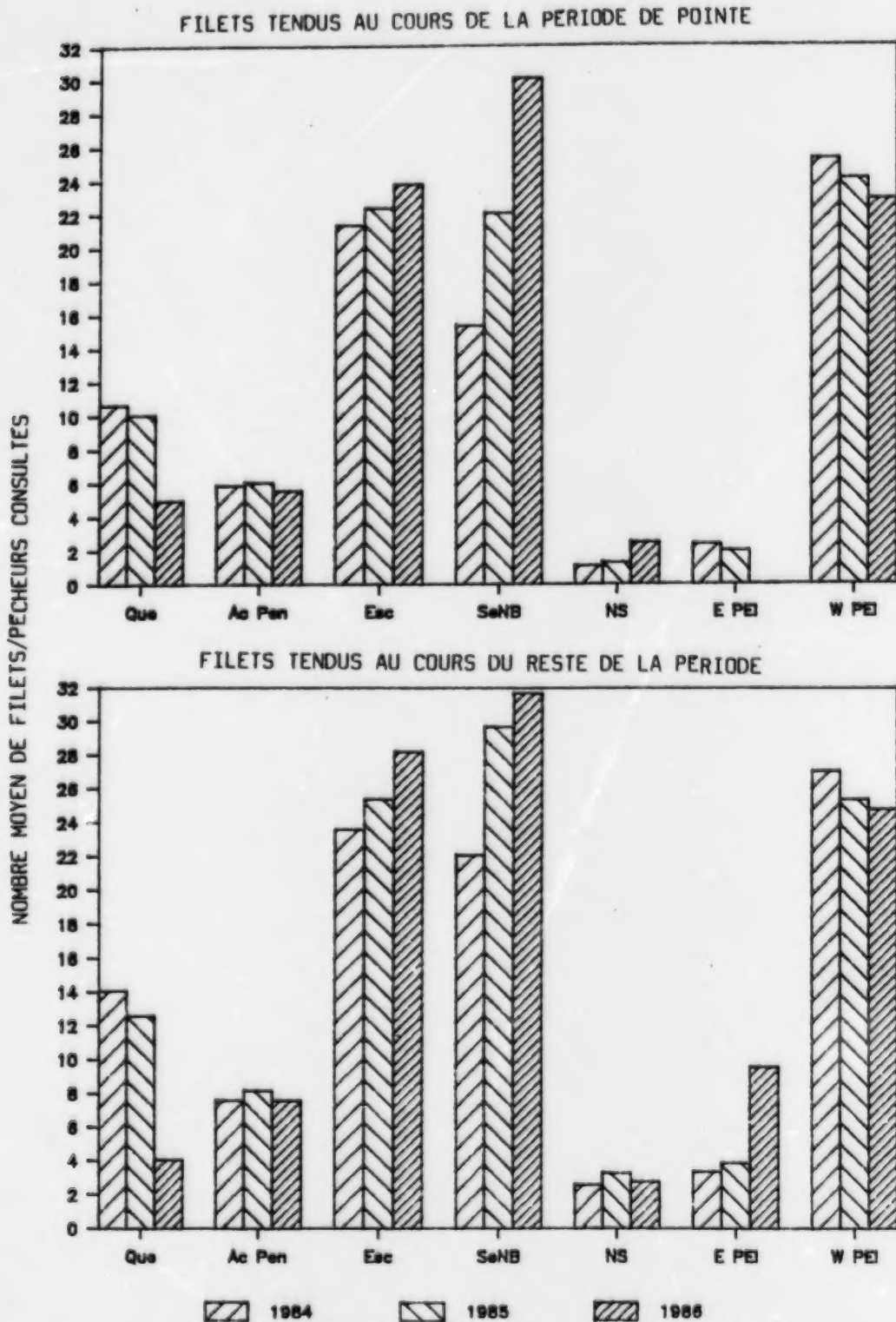
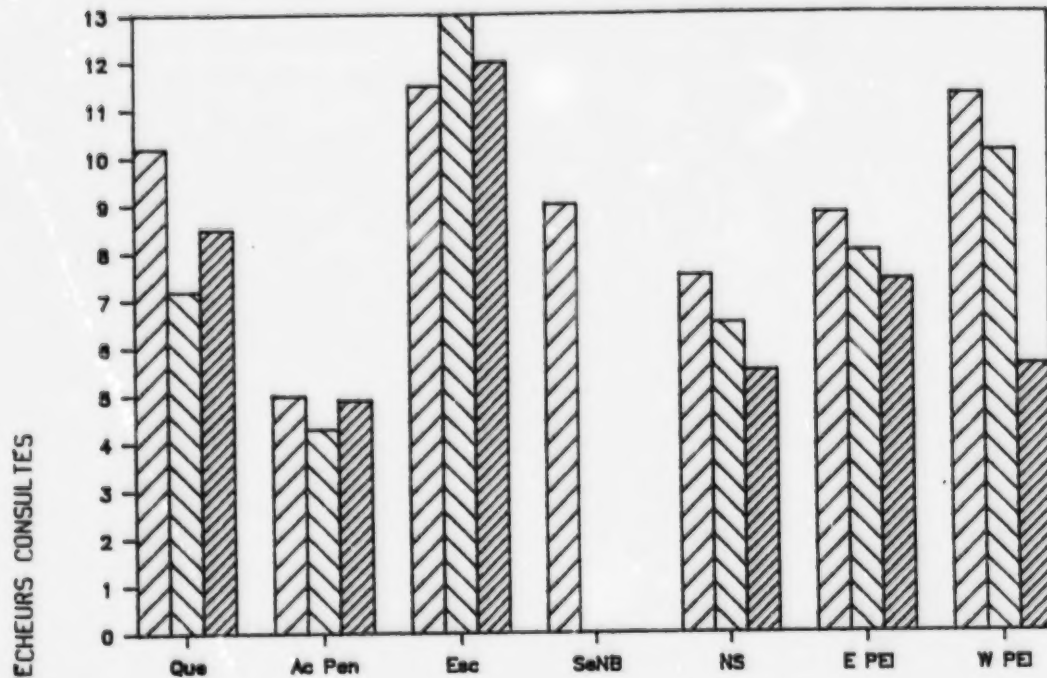


Figure 2. Nombre moyen de filets tendus au printemps au cours de la saison de pêche aux filets maillants dans la zone 4T

FILETS TENDUS AU COURS DE LA PERIODE DE POINTE



FILETS TENDUS AU COURS DU RESTE DE LA PERIODE

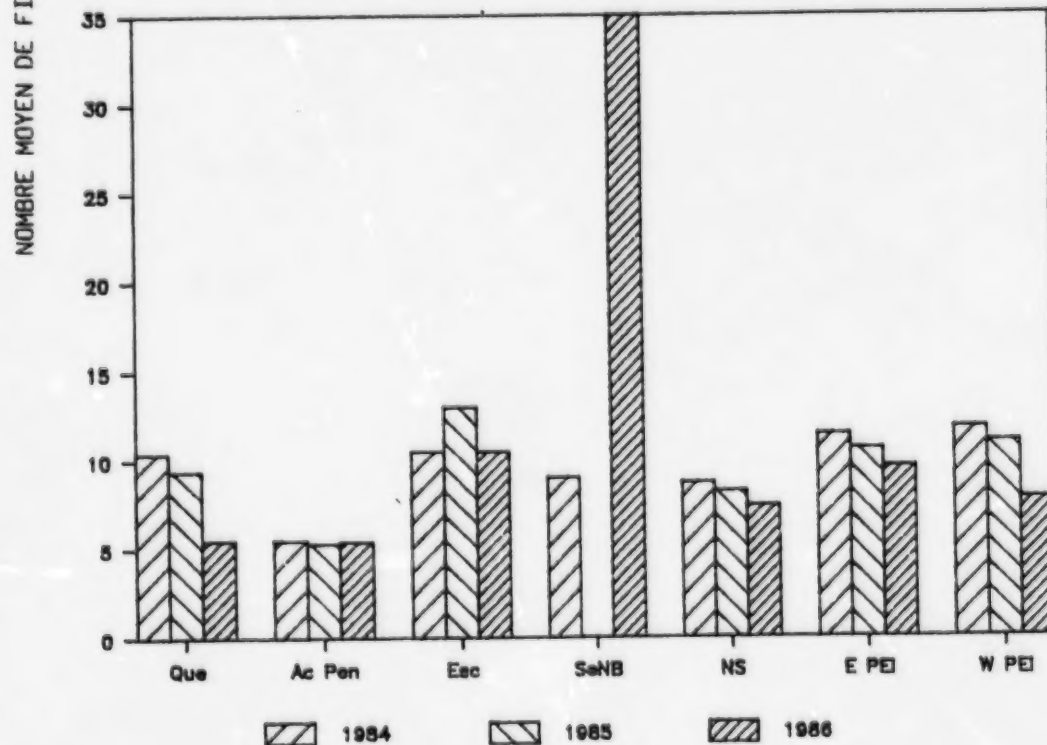


Figure 3. Nombre moyen de filets tendus à l'automne au cours de la saison de pêche aux filets maillants dans la zone 4T

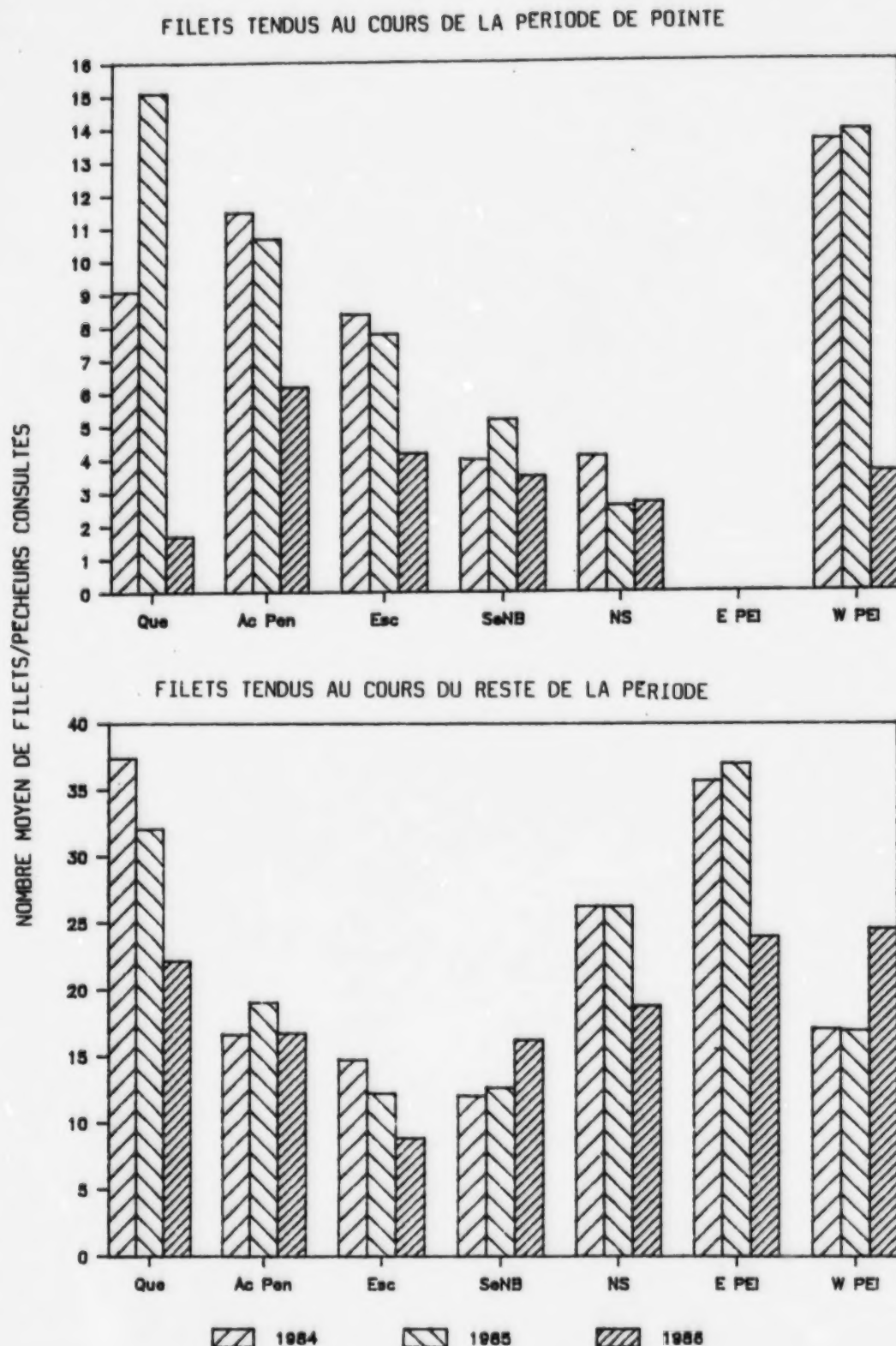
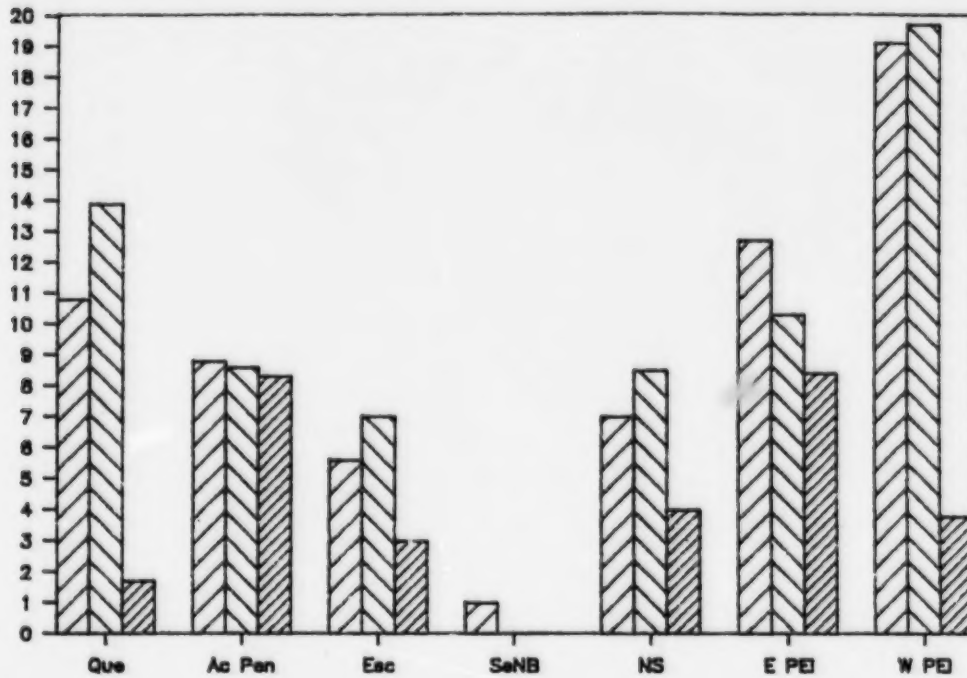
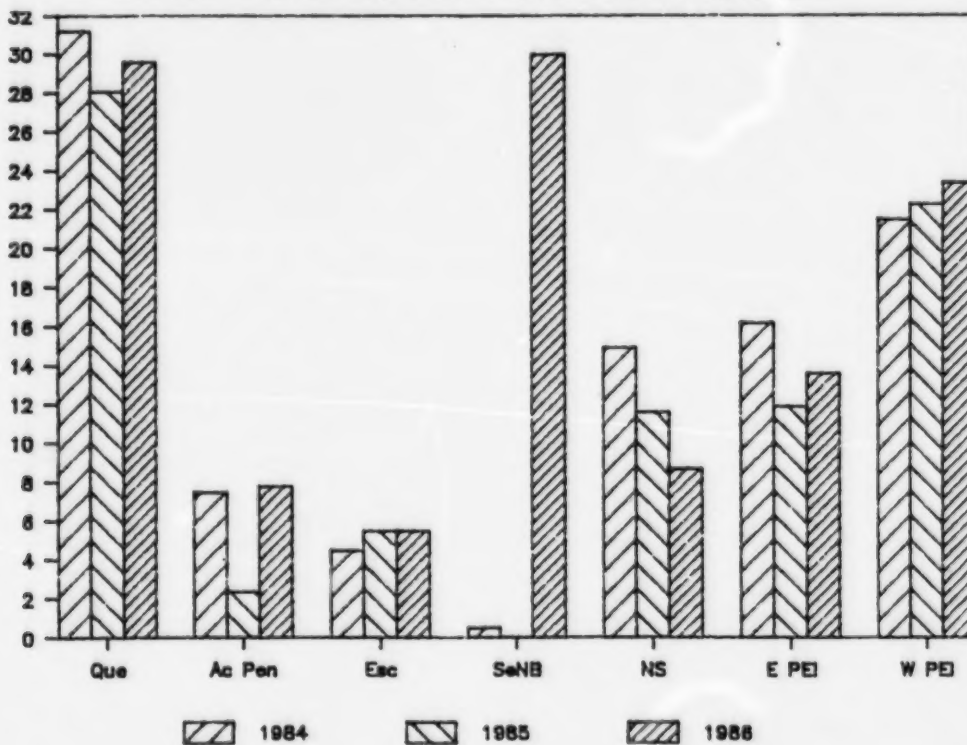


Figure 4. Nombre moyen de jours de pêche au cours de la saison de pêche printanière aux filets maillants dans la zone 4T

FILETS TENDUS AU COURS DE LA PERIODE DE POINTE



FILETS TENDUS AU COURS DU RESTE DE LA PERIODE



1984

1985

1986

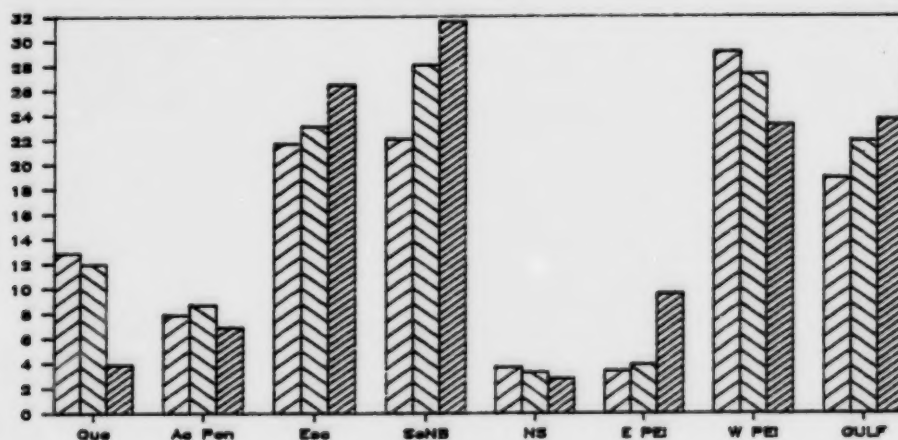
Figure 5. Nombre moyen de jours de pêche au cours de la saison de pêche automnale aux filets maillants dans la zone 4I

FILETS HALES/PECHEUR AUX FILETS MAILLANTS

FILETS HALES



FILETS HALES/CAMPAGNE



TOTAL DES FILETS HALES

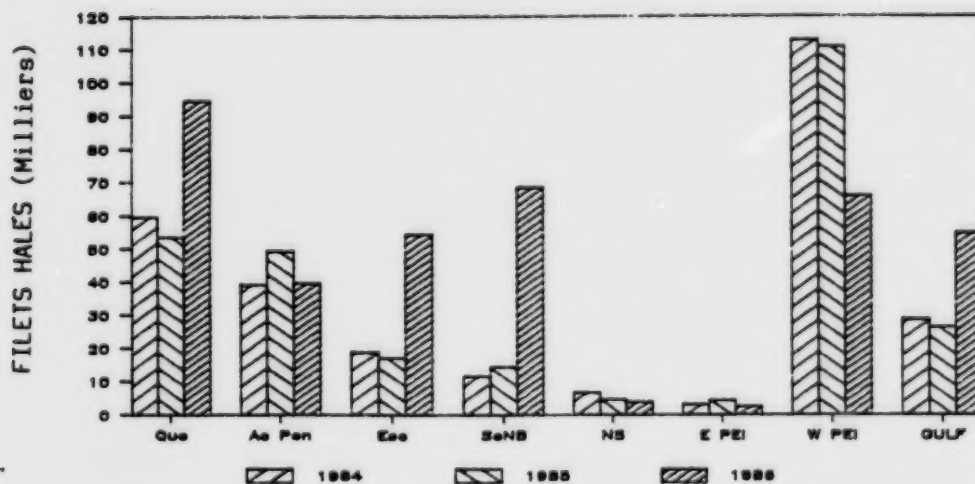
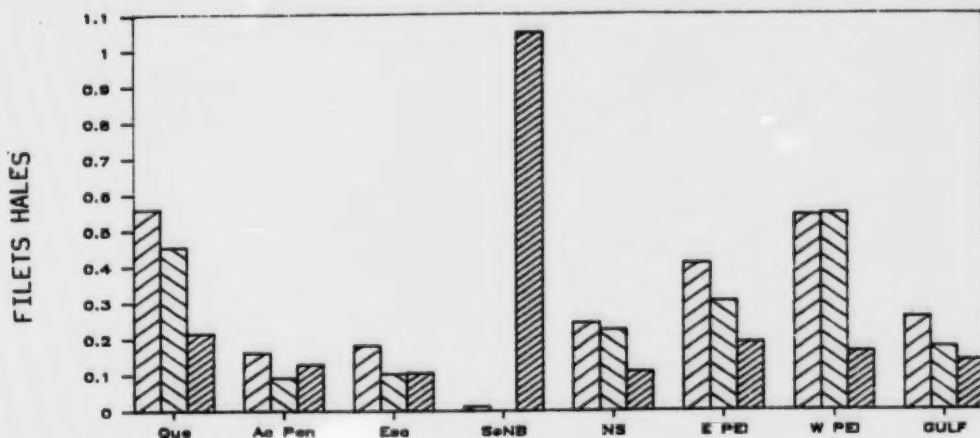
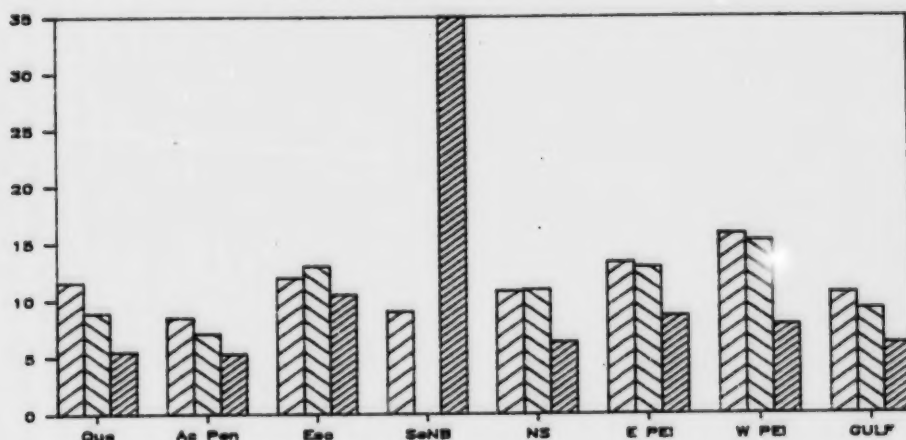


Figure 6. Indices de l'effort de pêche établis au cours de la saison de pêche printanière aux filets maillants dans la zone 4T

FILETS HALES/PECHEUR AUX FILETS MAILLANTS



FILETS HALES/CAMPAGNE



TOTAL DES FILETS HALES

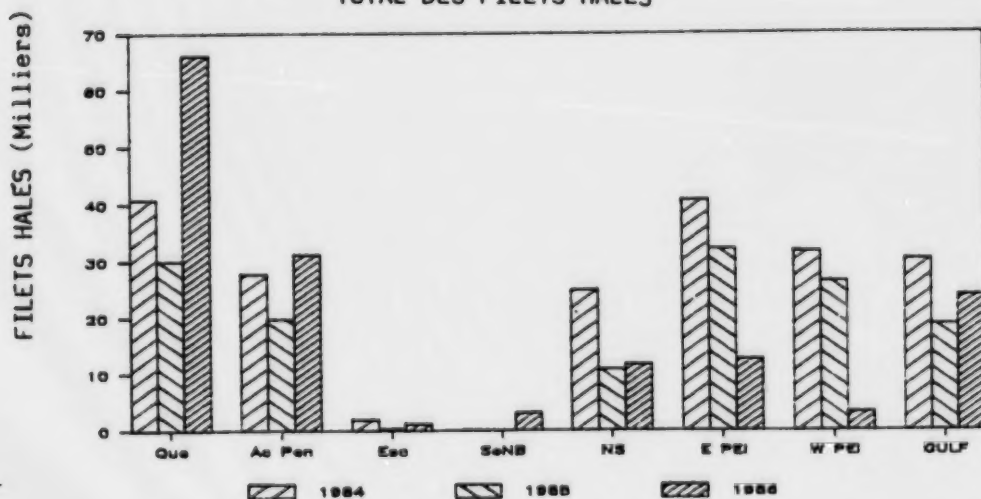


Figure 7. Indices de l'effort de pêche établis au cours de la saison de pêche automnale aux filets maillants dans la zone 4I

FILETS

NOMBRE DE FILETS TENDUS PAR CAMPAGNE

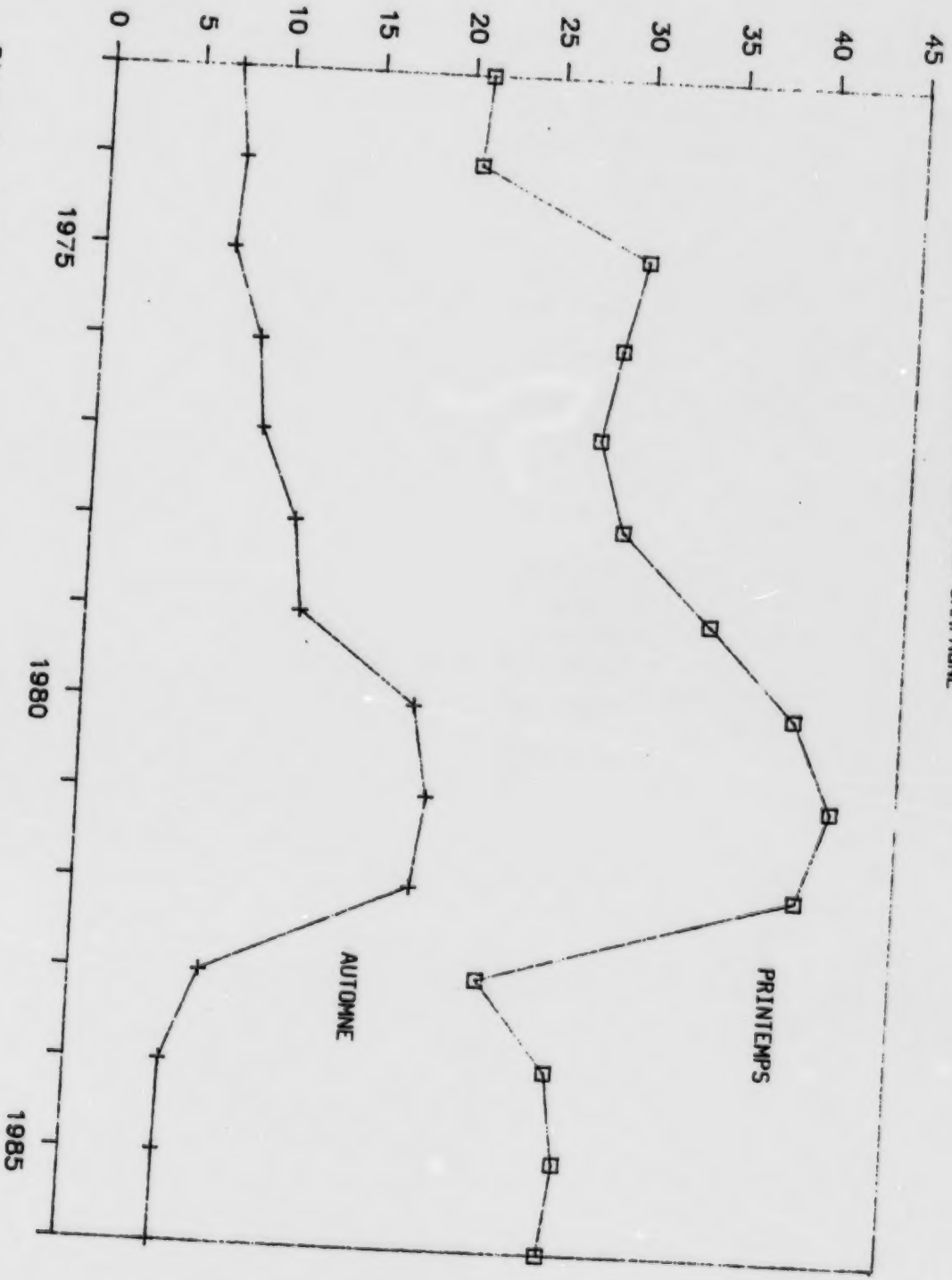
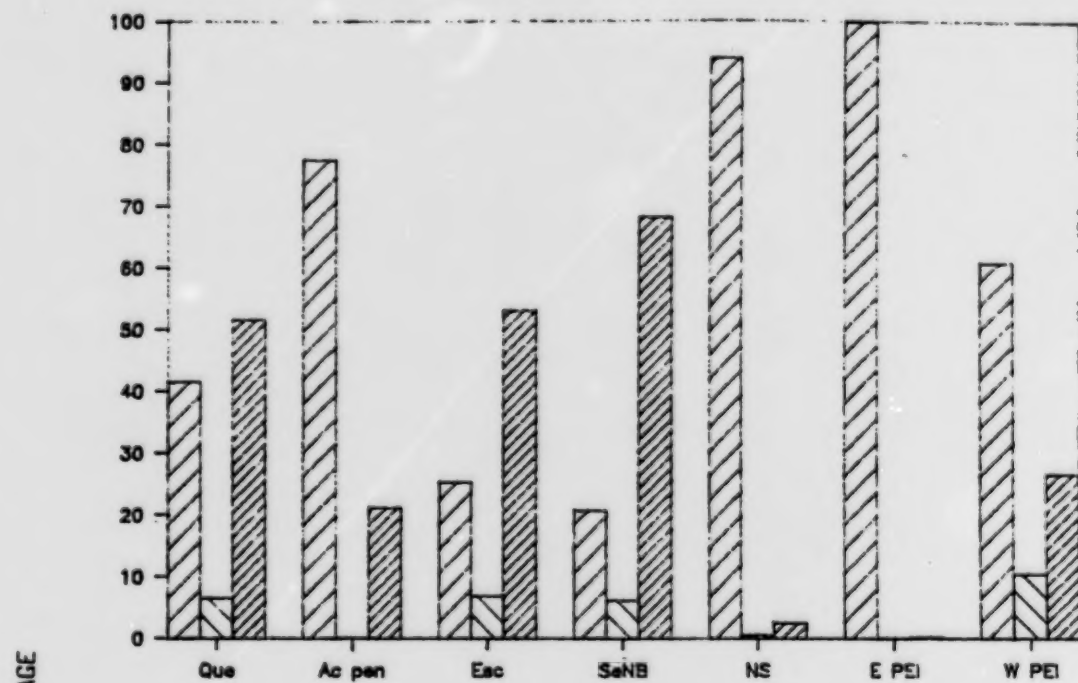


Figure 8. Indice historique de l'effort de pêche du hareng dans la zone 4T.

CAPTURES AU COURS DE LA SAISON DE PECHE PRINTANIERE EN 1985



CAPTURES AU COURS DE LA SAISON DE PECHE PRINTANIERE EN 1986

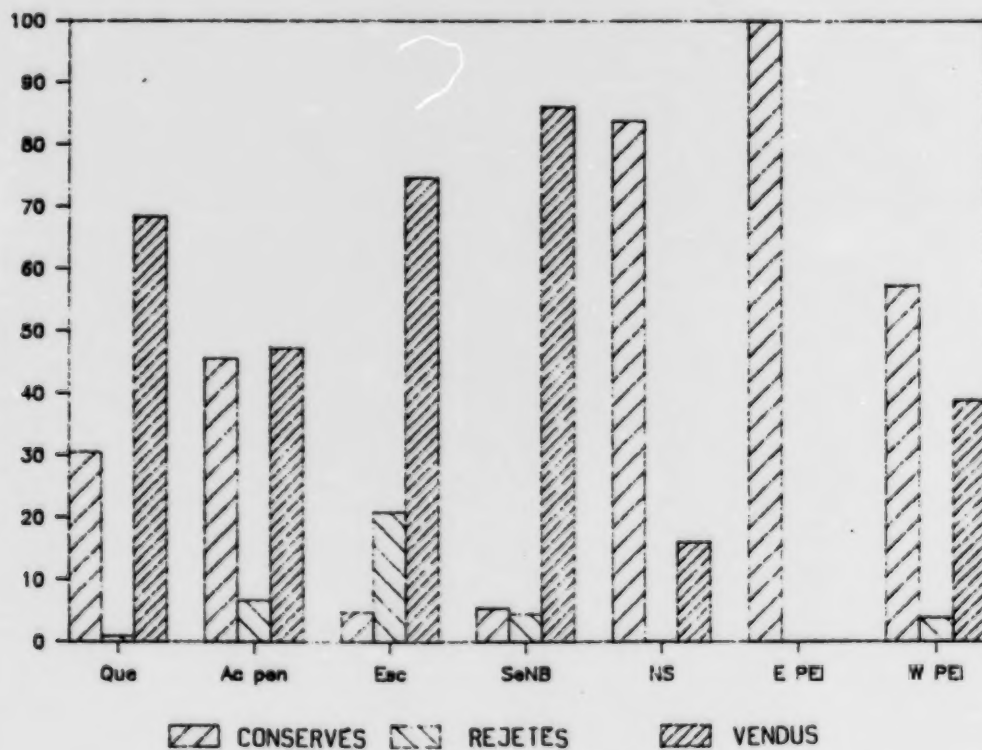
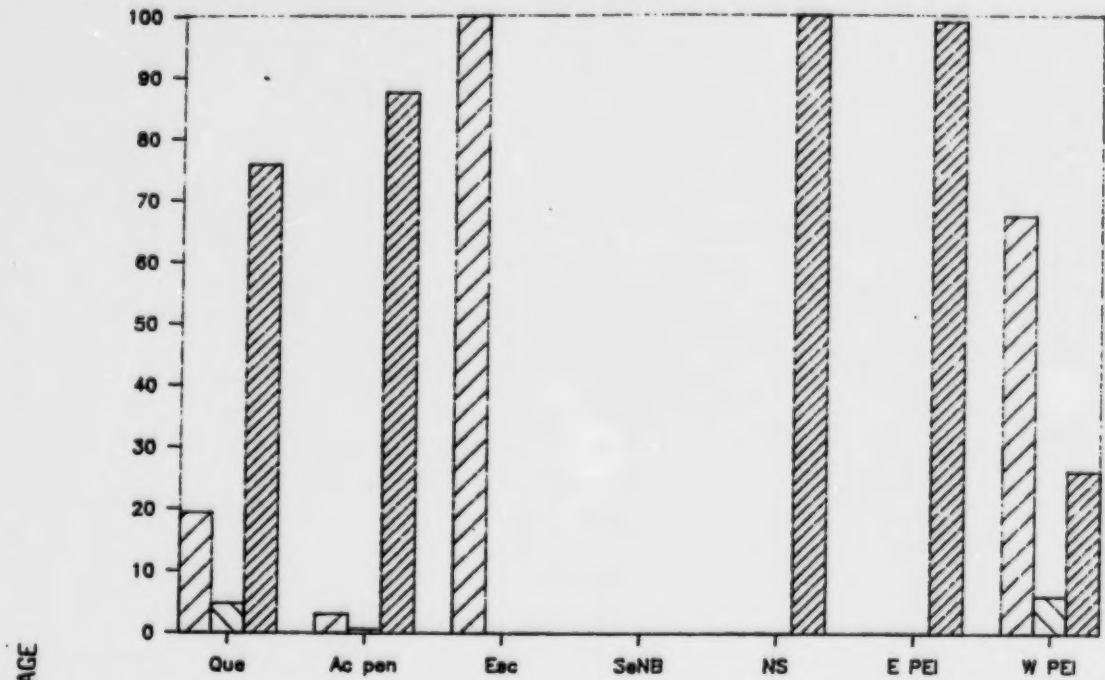


Figure 9. Destination des captures de hareng au cours de la saison de pêche printanière dans la zone 4T

CAPTURES AU COURS DE LA SAISON DE PÊCHE D'AUTOMNE EN 1985



CAPTURES AU COURS DE LA SAISON DE PÊCHE D'AUTOMNE EN 1986

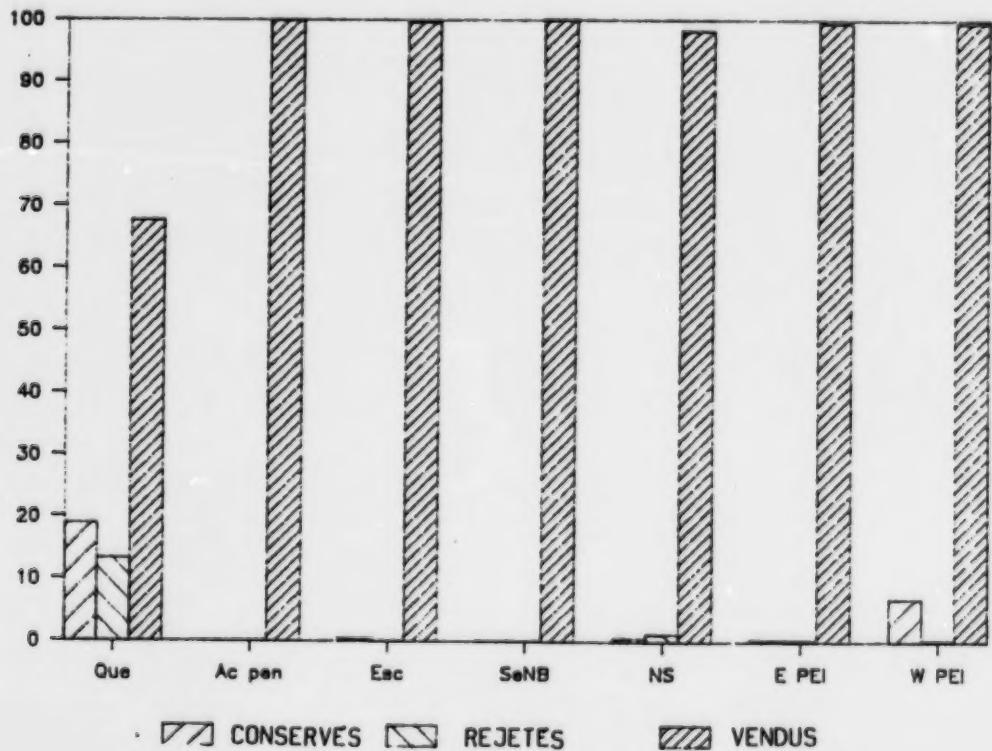


Figure 10. Destination des captures de hareng au cours de la saison de pêche d'automne dans la zone 4T

2.5 ANALYSE DES POPULATIONS VIRTUELLES

Robert O'Boyle
Direction des sciences, région de Scotia-Fundy
Institut océanographique de Bedford
Darmouth (Nouvelle-Écosse)

L'analyse des populations virtuelles (APV) est une méthode mathématique qui a recours aux données sur les captures et les indices d'abondance afin de déterminer l'abondance annuelle des populations d'une zone de pêche. En fait, l'APV constitue un type spécial d'analyse séquentielle des populations (ASP), catégorie à laquelle appartient aussi l'analyse des cohortes (AC) qui est une technique courante et étroitement liée à l'APV.

Dans une large mesure, ces techniques se fondent sur les données sur les pêches afin de déterminer l'abondance des populations. La zone de pêche constitue essentiellement une très vaste aire "d'échantillonnage". On présume que les poissons débarqués représentent une fraction de la population totale. Au cours de l'analyse, on essaie de déterminer la fraction que représentent les débarquements par rapport à la population totale, ce qui permet par la suite d'évaluer les effectifs totaux.

À la figure 1, qui donne un aperçu du processus d'évaluation des stocks, on constate que l'APV est cruciale pour la détermination de la taille des populations et, par conséquent, pour l'estimation des contingents. On compile des données de base comme l'importance des captures et les indices d'abondance au moyen de l'APV afin d'obtenir une série de données sur la taille annuelle des populations par catégorie d'âge dans la zone de pêche. Les données les plus récentes servent alors à prévoir les captures de l'année ultérieure en fonction d'un effort de pêche donné (par exemple, $F_{0,1}$).

La présente section examine les principes fondamentaux de l'APV, depuis les intrants jusqu'à l'étalonnage de l'APV.

2.5.1 Intrants

L'APV requiert deux séries d'intrants. Ces deux séries ont été examinées de façon approfondie dans des sections antérieures, mais elles seront résumées dans la présente.

Une longue série chronologique d'indices d'abondance est essentielle à l'APV. Les taux de captures, qu'il s'agisse de captures effectuées aux fins d'une étude ou par les pêcheurs commerciaux, donnent un indice d'abondance. En d'autres termes, lorsque le stock devient plus abondant, les taux de captures augmentent également; lorsque l'abondance des stocks diminue, les taux de captures diminuent aussi. Pour un taux de captures et une proportionnalité constante, que l'on désigne couramment par la lettre q (potentiel de capture), on peut calculer l'abondance correspondante des

stocks. La principale hypothèse énonce que la valeur Q ne change pas pour l'ensemble des données analysées. Comme il a été mentionné dans des sections antérieures, les séries de données qui servent à l'établissement d'indices d'abondance doivent être analysées minutieusement afin de s'assurer qu'elles respectent cette condition. Il est préférable que ces indices décrivent les tendances de l'abondance par catégorie d'âge.

La seconde série de données d'importance touche les captures en fonction de l'âge. Il s'agit des captures annuelles de poissons d'un stock classées en fonction des groupes d'âge ou classes annuelles. En établissant un tableau réunissant les données de tous les ans, on peut suivre l'évolution d'une classe annuelle au cours des ans. Par exemple, la figure 2 résume l'exploitation des poissons de la classe annuelle de 1975. En 1979, 3 056 poissons de cette classe annuelle ou cohorte ont été capturés. En 1980, ce chiffre est passé à 1 406 et, en 1985, à 31.

Pour établir la matrice des captures en fonction de l'âge, il faut combiner minutieusement les statistiques sur les captures recueillies à l'aide des bordereaux d'achat/journaux de bord et des programmes d'échantillonnage. En effet, le processus d'évaluation des stocks repose, dans une large mesure, sur les décisions prises à cette étape de l'analyse. Une fois qu'on dispose de ces renseignements de base, on peut procéder à l'APV.

2.5.2 Certains calculs de base de l'APV

Bien que l'APV consiste à déterminer simultanément l'abondance de toutes les classes annuelles de poissons composant un stock, les calculs sont en fait effectués séparément pour chacune d'entre elles. Par conséquent, pour décrire l'APV, il est préférable d'examiner les calculs qui doivent être faits pour déterminer l'abondance d'une classe annuelle à la fois. Par exemple, à la figure 2, il s'agit de ne retenir que les données de 1975.

Examinons la situation d'une population hypothétique de 1 000 poissons. En outre, pour simplifier l'explication, supposons que la seule cause de mortalité des poissons est due aux captures par les flottilles de pêche.

En conséquence, avec un effort de pêche nul, ou faible, les poissons de cette population devraient pouvoir vivre fort longtemps. Inutile de dire que la situation est en réalité toute autre, mais cette hypothèse ne modifiera pas, de façon marquée, la description des principes généraux sur lesquels repose l'APV.

De surcroît, supposons au départ que "le potentiel de capture" des poissons de la classe annuelle) varie en fonction de l'âge. Par exemple à l'âge 1, le potentiel de capture est de 0% et à l'âge 2 il n'est que de 1%. À l'âge 3, ce pourcentage passe à 20%. En d'autres termes, seulement 20 poissons sur 100 sont accessibles aux pêcheurs, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas capturés mais peuvent potentiellement l'être. Le nombre de captures

dépend à la fois du potentiel de capture et de l'effort de pêche. À l'âge 5, tous les poissons de la cohorte peuvent être capturés. On parle généralement des âges incomplètement recrutés pour désigner le potentiel de capture en fonction de l'âge. Cette détermination constitue une étape fort cruciale de l'APV. Étant donné qu'ils sont complexes, on n'examinera pas de façon détaillée ces calculs dans ce document.

Supposons que 4 poissons complètement recrutés sur 10 (âges 5 à 10), à savoir 40%, sont capturés par les pêcheurs.

La figure 3 donne les résultats des calculs qui se fondent sur ces hypothèses. Étant donné qu'aucun (ou presque aucun) poisson des âges 1 et 2 ne peut être capturé, et qu'il n'y a aucune cause de mortalité naturelle, pratiquement tous les poissons (1 000) survivent jusqu'à l'âge 3. À cet âge, les captures commencent à augmenter et la population à diminuer. Compte tenu de l'augmentation du potentiel des captures et de l'effort de pêche, cette tendance se poursuit de sorte qu'à l'âge 5, les captures sont maximales. Cependant, parce que la population continue à diminuer, après l'âge 5, les captures diminuent également et deviennent négligeables à l'âge 10.

Comment les taux de captures peuvent-ils permettre de déterminer la taille d'une population? Puisque cette population hypothétique ne subit aucune mortalité due à des causes naturelles, au bout d'un certain nombre d'années, le total des captures permet d'évaluer l'abondance des poissons dans l'océan. Si, par exemple, tous les poissons sont capturés en trois ans, il s'agit simplement d'additionner les captures de chacune de ces trois années afin de déterminer la taille initiale de la population. Pour la population hypothétique qu'on a retenue, les captures s'échelonnent sur une période de dix ans. Au cours de la première année, aucun poisson n'est capturé et il est donc impossible d'estimer la taille de la population. Cinq poissons d'âge 2 ont été capturés, de sorte que l'on sait que la population comportait au moins cinq poissons. À l'âge 3, 97 poissons ont été pris. En conséquence, en additionnant les captures des âges 2 et 3, l'estimation de la population initiale est de 102 poissons. On sait qu'il existe au moins 237 poissons d'âge 4 car il s'agit du nombre de captures de poissons de cette catégorie. Étant donné que 97 poissons d'âge 3 ont été capturés et que les 237 poissons d'âge 4 capturés cette année existaient l'année précédente, on peut évaluer le nombre de poissons de l'âge 3 à 334 ($237 + 97$). Si l'on effectue le même calcul pour les poissons adultes, on doit additionner $334 + 5$, ce qui donne 339. Comme on peut le constater, au fur et à mesure que les captures augmentent, les estimations de l'abondance de la population en fonction de l'âge se précise lentement (figures 4 et 5).

Ce type d'estimation dite "convergente" est crucial au cours de l'APV. Précisons qu'essentiellement, plus les captures augmentent, plus les estimations de la taille d'une population sont précises.

L'analyse ne sera pas moins précise si l'on tient compte des mortalités dues à des causes naturelles au cours des calculs. Si l'on présume que le taux de mortalité naturelle est constant dans tous les groupes d'âge, seule l'abondance des populations augmentera à la figure 5. Il s'agit

essentiellement d'augmenter le nombre de captures afin de tenir compte des mortalités naturelles avant de procéder au cumul rétroactif selon les cohortes.

Cet exemple se limitait à une seule cohorte. Toutefois, on procède simultanément à l'APV d'un certain nombre de cohortes. Les sections qui suivent traitent de ces calculs.

2.5.3 Principes de l'APV

Comme il est précisé ci-dessus, les captures en fonction de l'âge constituent l'une des données clés de l'APV. Le tableau qui en résulte donne le nombre de captures annuelles de poissons de chaque âge dans la pêcherie. La figure 6 présente un tableau des captures en fonction de l'âge dans une pêcherie hypothétique où le taux de captures est identique d'une année à l'autre. La figure 7 présente les estimations de la taille de la population obtenues par la technique de cumul rétroactif présenté dans la section précédente. Etant donné que l'on totalise les valeurs d'une cohorte, celles-ci ne sont pas représentées par une rangée ou une colonne mais par une diagonale. La comparaison de ce tableau à celui de la figure 2 qui présente des valeurs réelles illustre bien le principe de la convergence.

Les estimations de la population de l'année la plus récente, à savoir 1986, sont les moins précises. En effet, tous les chiffres situés au-dessus de la diagonale à la figure 7 sont nettement inférieurs aux valeurs réelles. Les prévisions des captures sont effectuées à l'aide des données les plus récentes. En conséquence, si l'on ne dispose pas d'autre sources de données, cette APV particulière ne fournit pas des estimations fiables de la taille des populations de l'année qui, finalement, doivent servir à prévoir les effectifs futurs, et il faut alors procéder à l'étalonnage des données.

2.5.4 Etalonnage

Au cours de l'étalonnage, on a recours aux rapports qui existent entre les indices d'abondance établis de façon distincte et l'abondance historique des populations (APV) afin d'estimer l'abondance des populations au cours de l'année la plus récente de l'analyse. On établit donc un rapprochement entre les données de l'APV obtenues par convergence et les indices d'abondance établis d'après, par exemple, le nombre de captures effectuées aux fins des recherches ou les taux de capture des pêcheurs commerciaux.

Ce rapprochement statistique consiste en la présentation graphique des deux relations les plus courantes présentées à la figure 8, lesquelles sont utilisées couramment par le CSCPCA et l'OPANO. La première relation est simple, mais certaines explications doivent être fournies au sujet de la deuxième. On obtient l'indice d'abondance en divisant le nombre de captures par l'effort de pêche (C/E). K est l'inverse du potentiel de capture, q .

En conséquence, le taux de capture égale le potentiel de capture multiplié par la taille moyenne de la population:

$$C/E = q \bar{N} \quad (1)$$

$$\text{ou } C = qE \bar{N}$$

Les captures désignent le nombre de poissons pris par les pêcheurs, ce qui est représenté par F (mortalités dues à la pêche)

$$C = F\bar{N} \quad (2)$$

Si l'on compare brièvement les équations 1 et 2, l'on constate que les mortalités dues à la pêche (F) égalent le potentiel de capture (q) multiplié par l'effort de pêche (E).

$$F = qE \quad (3)$$

Il s'agit de la seconde relation présentée à la figure 8. Pourquoi est-il nécessaire d'exécuter tous ces calculs? On ne dispose parfois que des données sur l'effort de pêche d'une pêcherie, de sorte qu'il faut avoir recours à cette relation.

Voici comment ces relations servent à l'APV. On exécute l'APV au moyen des "estimations approximatives" les plus récentes de la taille de la population. On procède ensuite à la convergence de manière à ce que ces estimations reflètent plus nettement l'abondance historique de la population. Une partie des valeurs obtenues par convergence (au moyen d'un processus qui n'est pas expliqué dans ce chapitre) afin "d'ajuster" les relations (figures 8 et 9). Dans une situation idéale, une relation est établie pour chaque catégorie d'âge de la population. Par exemple, la relation de l'âge 3 est représentée à la figure 9. Dans le schéma, la ligne diagonale ne tient compte que des données de 1977 à 1982. On examine ensuite les points de 1983 à 1986 par rapport à cette ligne. D'après la relation, l'abondance de la population de 1986 a été surestimée. Selon l'indice d'abondance, cette valeur devrait être moins élevée. En conséquence, on réduit l'estimation approximative de l'abondance de la population et on réexécute l'APV. Ensuite, on établit, de la même façon, une deuxième relation pour l'âge 3 et on examine à nouveau la position du point de 1986 par rapport aux valeurs historiques de l'APV (ligne de l'indice d'abondance). Cette opération est répétée jusqu'à ce que tous les points de 1983 à 1986 se trouvent proches de la ligne des valeurs historiques.

Ces calculs sont effectués pour chaque catégorie d'âge retenue pour l'APV. Étant donné que les relations sont représentées horizontalement (âges) tandis que l'APV est exécuté diagonalement selon les cohortes, les calculs en fonction de l'âge sont fortement reliés entre eux. Les rapports du CSCPCA et de l'OPANO examinent de façon détaillée ces interrelations, l'influence des données erronées, la fiabilité de l'indice d'abondance,

etc. Un certain nombre de procédés mathématiques très perfectionnés peuvent être employés pour effectuer ces calculs, mais tous aboutissent essentiellement aux mêmes résultats : établir la relation optimale qui existe entre l'abondance des populations déterminée au moyen de l'APV et l'indice d'abondance. Peu importe leur degré de perfectionnement, toutes ces méthodes dépendent, de façon cruciale, de la fiabilité des données sur les captures en fonction de l'âge et des indices d'abondance.

2.5.5 Résumé

Le CSCCPA et l'OPANO ont principalement recours à l'analyse des populations virtuelles (APV) pour déterminer la taille des populations au cours de l'année la plus récente. Pour exécuter l'APV, il faut disposer de données sur les captures en fonction de l'âge, déterminées d'après les statistiques de débarquement et les programmes d'échantillonnage, ainsi que d'indices d'abondance issus des programmes de recherches et des flottes de pêche commerciales. L'analyse permet l'exécution d'estimations de convergence, où les estimations historiques deviennent de plus en plus précises au fur et à mesure que l'on additionne les captures annuelles. Cette possibilité de calcul par convergence permet d'établir des relations statistiques entre les estimations de l'abondance historique des populations déterminées au moyen de l'APV et les indices d'abondance qui, après étalonnage, aboutissent à des estimations plus précises de la taille des populations au cours de l'année la plus récente. Ces valeurs sont ensuite utilisées pour prévoir les niveaux de capture futurs.

2.5.6 Analyse

L'analyse séquentielle des populations (ASP) permet de déterminer le pourcentage de poissons capturés par rapport à la population totale.

Pour exécuter l'analyse, il faut disposer d'indices d'abondance et d'une matrice des captures en fonction de l'âge. L'ASP analyse les cohortes ou les classes annuelles. On estime l'abondance des classes annuelles d'après les données sur les captures.

Les estimations de l'abondance des populations de l'année en cours en fonction de l'âge sont très imprécises lorsque les données sur les classes annuelles sont très restreintes. L'étalonnage est le procédé qui établit des relations entre les indices d'abondance et l'abondance historique afin d'évaluer la taille des populations pour l'année en cours. Le succès de l'étalonnage dépend de la fiabilité des indices d'abondance et des relations entre l'abondance déterminée au moyen de l'ASP et les indices.

Commentaire:

Comme le précise la personne qui l'a mise au point, l'analyse des populations actuelles peut être appliquée à une population au sujet desquelles les données dont on dispose sont complètes; pour y avoir recours, il est crucial de disposer des données complètes sur les captures.

Le potentiel de capture est représenté par la pente de la ligne correspondant à la relation entre F et l'effort de pêche. On essaie d'ajuster les données de manière à tenir compte de toutes tendances systématiques du potentiel de capture au cours des ans. En général, les taux de captures sont ajustés pour tenir compte des écarts entre les divers types de pêcheurs.

La capacité de pêche peut changer indépendamment du potentiel de capture. Par exemple, dans les zones exploitées par les pêcheurs à la senne coulissante, les taux de captures peuvent demeurer élevés jusqu'à la fin de la saison de pêche. C'est pourquoi on n'utilise pas les taux de captures de ces pêcheurs afin d'évaluer l'abondance des stocks.

Question:

Les estimations de l'abondance des classes annuelles ne sont pas très précises avant que les poissons ne soient âgés de plusieurs années.

Réponse:

Les taux de captures en fonction des divers groupes d'âge et les résultats d'études indépendantes effectuées au moyen de filets à petites mailles et des levés acoustiques peuvent aider à estimer le taux de recrutement dans une zone de pêche.

Question:

On a tendance à sélectionner des filets à maillage supérieur étant donné que les poissons sont plus gros. Cela influe-t-il sur l'estimation des stocks des poissons plus jeunes?

Réponse:

Oui.

Fig. 1

Diagramme d'exécution d'une évaluation analytique

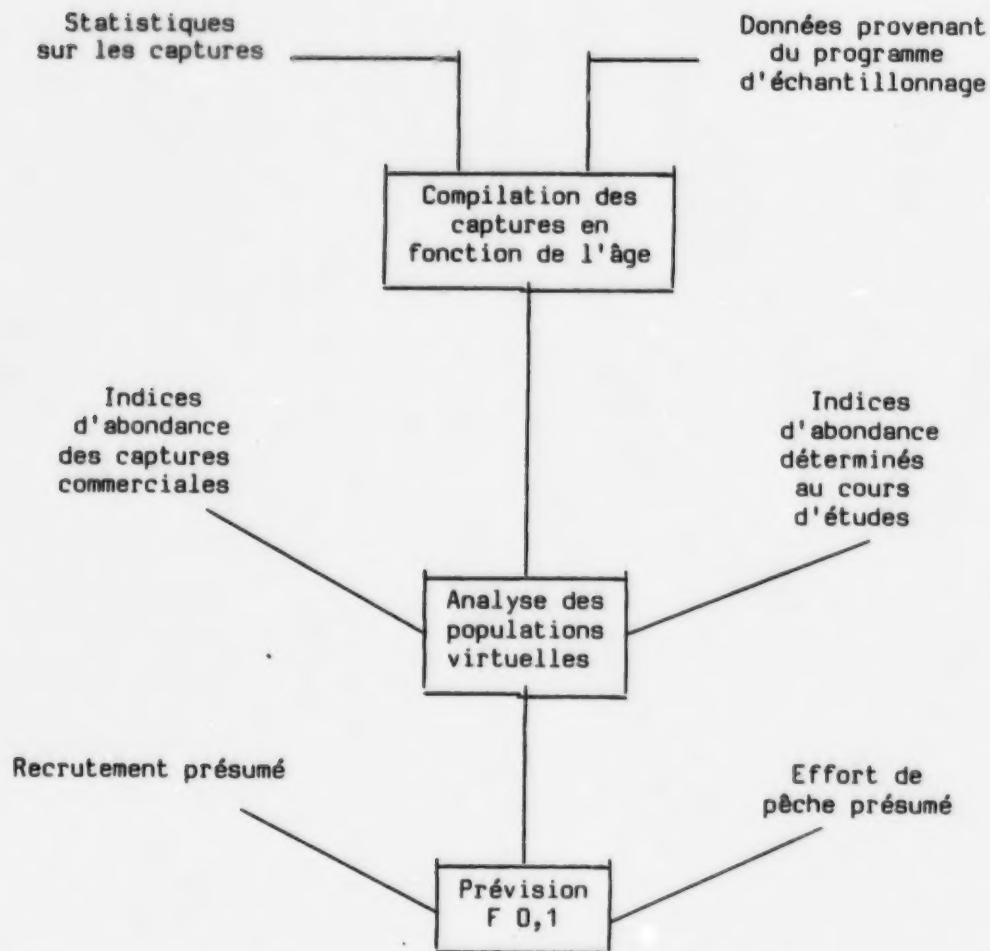
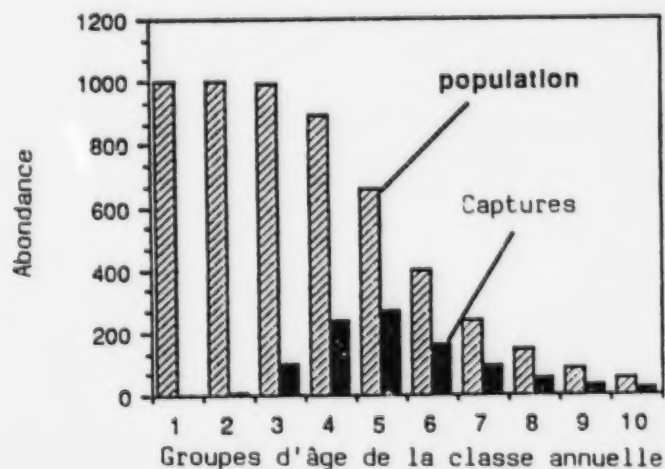


Figure 2. Tableau de captures en fonction de l'âge des harengs de la classe annuelle de 1975 dans la zone 4T (exploitée au printemps) présentant les données de 1975

Age	Année						
	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
2	55	541	45	68	1	13	11
3	7667	22219	13031	32597	5160	1877	4565
4	3056	3567	7527	6047	29194	7932	8440
5	20895	1406	1270	1475	3646	11970	9483
6	556	9528	785	326	1019	1195	6487
7	1404	216	3197	177	36	52	1904
8	110	1074	79	332	1	0	396
9	63	104	285	113	1	0	271
10	362	140	38	1	1	0	31
11+	1672	2134	1009	109	1	0	121

Classe annuelle de 1975

Figure 3. Evolution de l'exploitation d'une classe annuelle hypothétique présentant les taux de captures et le potentiel de capture en fonction de l'âge.



Potentiel de capture en fonction de l'âge (%)

0	1	20	60	100	100	100	100	100	100
---	---	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Figure 4. Exemple de convergence

[illegible]

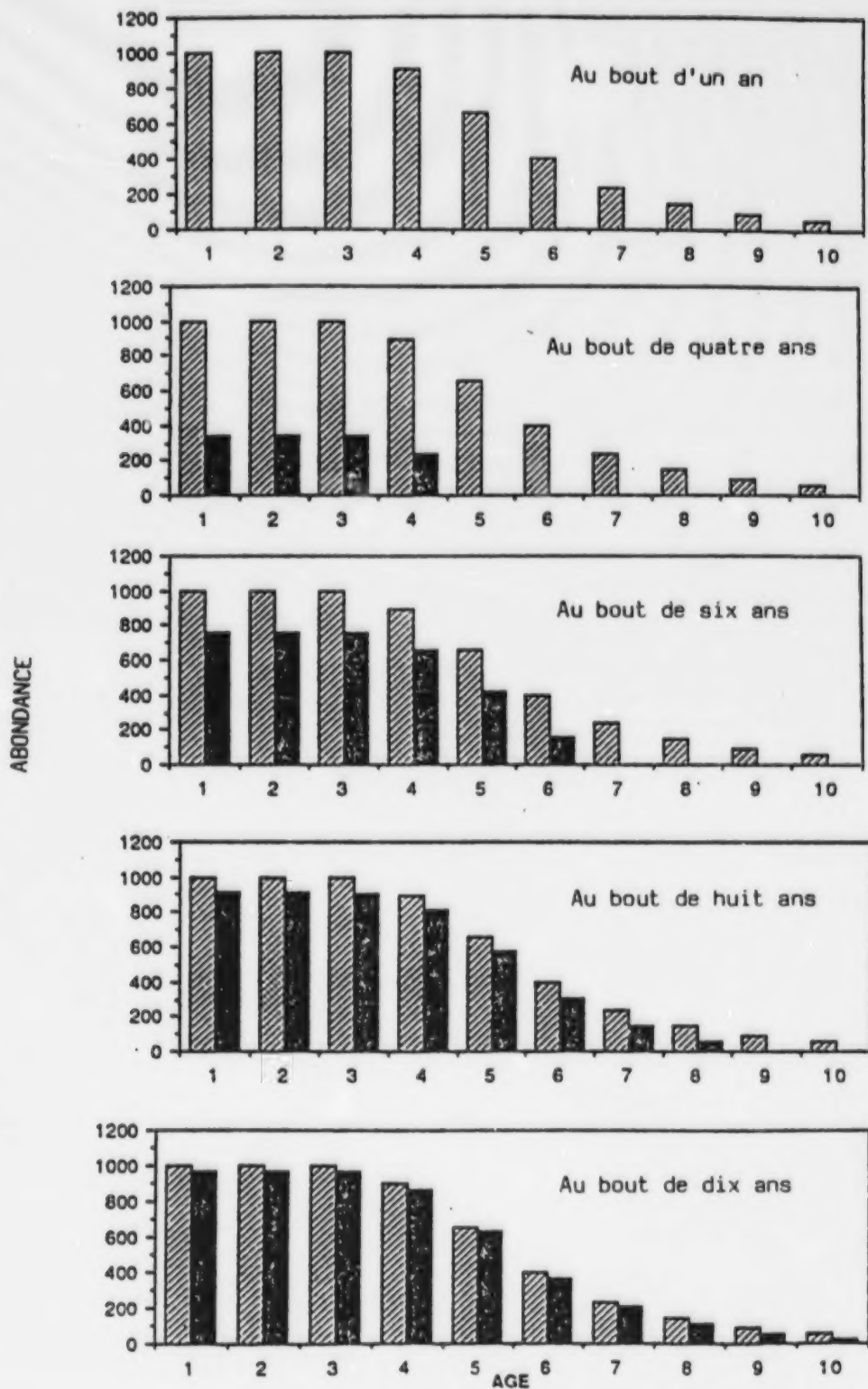


Figure 5. Cumulation des captures au cours des ans

▨ - Abondance réelle des populations

■ - Estimations des populations d'après les données sur les captures

Figure 6. Abondance des captures en fonction de l'âge dans une pêcherie hypothétique

[illegible]

Figure 7. Abondance de la population en fonction de l'âge déterminée d'après les données sur les captures en fonction de l'âge dans une pêcherie hypothétique

[illegible]

Figure 8. Représentation des deux types de relation utilisés aux fins de l'étalonnage.

Abondance d'après l'ASP = $K * \text{Indice d'abondance}$



Mortalité due à la pêche = potentiel de capture * effort de pêche

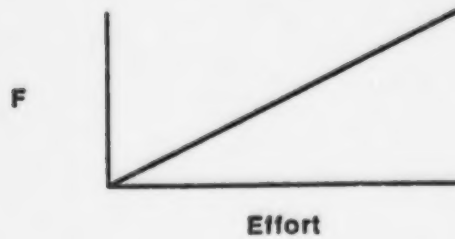
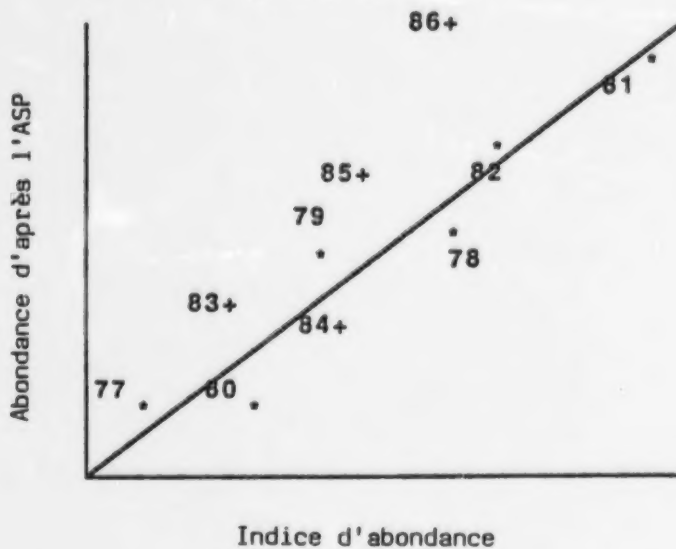


Figure 9. Exemple d'étalonnage au moyen des estimations de l'abondance des poissons d'âge 3 (APV ou ASP) dans une pêcherie hypothétique et d'un indice d'abondance distinct.

ANNEE

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
1	969	948	914	857	762	603	339	102	5	0
2	969	969	948	914	857	762	603	339	102	5
3	964	964	964	943	909	852	757	598	334	97
4	867	867	867	867	846	812	755	660	501	237
5	630	630	630	630	630	609	575	518	423	264
6	366	366	366	366	366	366	345	311	254	159
7	207	207	207	207	207	207	207	186	152	95
8	112	112	112	112	112	112	112	112	91	57
9	55	55	55	55	55	55	55	55	55	34
10	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21



3. PRÉVISIONS

La présente section examine l'approche utilisée actuellement pour prévoir l'abondance des stocks de hareng dans les provinces de l'Atlantique du Canada et la compare brièvement à la méthode employée à cette même fin dans le Pacifique.

3.1 PREVISION DES CAPTURES DE HARENG DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

Michael Chadwick
Direction des sciences - région du golfe
Pêches et Océans
Moncton (Nouveau-Brunswick)
Canada E1C 9B6

3.1.1 Objectifs

En matière de prévisions, voici les trois objectifs fixés: 1) évaluer le taux de pêche optimal, 2) estimer la contribution future des divers groupes d'âge composant actuellement les stocks et 3) estimer le taux de recrutement, c'est-à-dire la contribution future des nouveaux groupes d'âge. En général, les prévisions s'effectuent sur une ou deux années. Comme on pourra le constater, les prévisions à plus long terme de l'abondance des stocks de hareng ne sont pas très fiables.

3.1.2 Taux de pêche optimal

Les termes taux de pêche, taux d'exploitation et taux de mortalité dus à la pêche (F) ont tous la même signification. Le taux de pêche optimal, que l'on désigne habituellement par le symbole $F_{0.1}$, est calculé afin de maximiser le profit des pêcheurs et pour s'assurer que le taux de recrutement est adéquat. $F_{0.1}$ représente un taux de pêche où le rendement marginal équivaut à 10 % des captures initiales par unité d'effort, ce qui veut dire essentiellement que lorsque l'exploitation d'un stock devient dix fois plus difficile qu'au moment où la pêche de ce stock a été amorcée, on juge que le taux de pêche ne devrait plus être augmenté. Ce niveau de pêche cible, qui fait l'objet de la figure 1, constitue le taux de pêche optimal.

Pour calculer le $F_{0.1}$, on mesure le rendement à divers taux de pêche. Le rendement représente le nombre de poissons de chaque catégorie d'âge multiplié par leur poids moyen. On présume que le $F_{0.1}$ du hareng est de 0,3, ce qui, au cours d'une période d'un an, représente environ 25 % de la population exploitable.

3.1.3 Population prévue

La population prévue donne une estimation de la taille de la population actuelle au bout d'une ou deux années ou plus. L'abondance de la population actuelle est déterminée selon le nombre de harengs de chaque catégorie d'âge qui vivent dans le sud du golfe de Saint-Laurent. La technique employée pour calculer la taille de la population actuelle au moyen de l'analyse des populations virtuelles a été décrite de façon détaillée à la section 2,4. On prévoit la taille future des populations actuelles de hareng par extrapolation.

Afin d'évaluer le nombre de poissons qui survivront pendant plusieurs années, on doit savoir combien d'entre eux mourront de cause naturelle (mortalité naturelle), combien d'entre eux seront capturés par les pêcheurs au cours de ces années (mortalité due à la pêche), le taux de croissance des poissons, le recrutement partiel et, enfin, combien de jeunes poissons deviendront exploitables (recrutement).

Après l'âge de deux ans, on présume que le taux de mortalité naturelle des harengs est relativement constant. En règle générale, on présume qu'annuellement, 18 % des harengs meurent ou sont la proie des prédateurs, ce qui représente un taux de survie annuel de 82 %. L'hypothèse selon laquelle le taux de survie des gros harengs est constant et élevé est conforme aux observations faites dans des stocks d'autres espèces de taille similaire. Par conséquent, si l'estimation du nombre de harengs de trois ans est assez précise, elle devrait encore l'être lorsque les poissons auront atteint cinq ans.

Toutefois, le taux de mortalité naturelle des oeufs, des larves et des très jeunes poissons est élevé et imprévisible. Par conséquent, s'il était possible d'évaluer avec précision l'abondance des oeufs ou des larves, ces valeurs ne seraient sans doute pas utiles à la prévision de l'abondance des adultes.

Les prévisions pour 1988 sont effectuées à partir des données recueillies en 1986. On présume, au départ, qu'en 1987, le taux de pêche sera optimal ($F_{0.1}$), tout comme dans l'évaluation antérieure. Les captures recommandées ou contingents diffèrent parfois du $F_{0.1}$ et, à ce moment, on utilise l'estimation la plus précise des captures de 1987 pour prévoir celles de 1988.

Il est impossible de prévoir la taille ou le poids moyen des poissons en fonction de chaque groupe d'âge à l'avenir car les taux de croissance peuvent varier de façon marquée d'une année à l'autre. On calcule donc le poids moyen des poissons au cours de plusieurs années ou les poids des poissons en fonction de l'âge de la dernière année d'exploitation. Étant donné que par rapport à d'autres poissons, comme le saumon ou la morue, les harengs adultes croissent lentement, on juge que les erreurs de cette source sont relativement mineures.

Le taux de recrutement partiel représente le pourcentage de poissons d'un groupe d'âge qui peut être exploité. Lorsque les poissons d'un groupe d'âge peuvent tous être exploités, on dit que ce groupe est complètement recruté. Dans les zones de pêche aux filets maillants, on estime que les reproducteurs qui fraient au printemps sont complètement recrutés à l'âge 4 et les reproducteurs qui fraient en automne, à l'âge 5. Dans ces zones, les harengs plus âgés et plus gros ne sont peut-être pas tous exploitables et ne sont alors que partiellement recrutés. C'est parfois ce type de phénomène qui se produit dans les zones de pêche à la senne coulissante, lorsque les senneurs exploitent les gros poissons et remettent en liberté les captures lorsque celles-ci risquent de contenir de petits poissons. Dans une telle situation, les petits poissons ne sont que partiellement recrutés. Il est

aussi difficile de prévoir le taux de recrutement partiel des poissons plus jeunes, ce qui sera traité ultérieurement.

3.1.4 Recrutement

Aux fins de l'extrapolation, il importe de prévoir la taille des nouvelles classes annuelles qui n'ont pas encore été recrutées. Par exemple, en 1985, aucun hareng d'un et deux ans n'a été capturé mais, en 1987, ces harengs appartiendront aux catégories d'âge 3 et 4; par conséquent, les harengs de trois ans qui n'étaient que partiellement recrutés en 1985 seront classés dans la catégorie d'âge 5 en 1987. Dans les zones de pêche exploitées au printemps, plus de 50 % des captures prévues pour 1987 représentaient des poissons appartenant à des catégories d'âge incomplètement recrutées en 1985.

Malheureusement, il n'existe pas de méthode précise pour prévoir le taux de recrutement. Comme il a été mentionné dans les sections 2,4,3 et 2,4,4, le dénombrement des oeufs et des larves permet d'estimer le nombre de reproducteurs mais non pas de prévoir le taux de recrutement. Celui-ci ne peut être déterminé qu'à posteriori, c'est-à-dire une fois que les jeunes poissons se sont intégrés au stock exploitable. Par exemple, ce n'est qu'en 1989 qu'on pourra prévoir, avec un certain degré de précision, le nombre de poissons d'âge 2 qui existaient en 1985, au moment où ces poissons auront six ans et fréquenteront la zone de pêche depuis environ trois ans.

Pour estimer actuellement le taux de recrutement, on présume que l'abondance des harengs d'âge 2 et 3 est égale à l'abondance moyenne de ces poissons au cours des dix dernières années. Toutefois, cette méthode n'est pas très précise; comme on peut le constater à la figure 1, l'abondance des harengs d'âge 2 peut varier considérablement d'une année à l'autre. En retenant le taux de recrutement moyen pour 1987, on fait abstraction des importantes fluctuations de l'abondance. D'après la figure 2, il est évident qu'un taux de recrutement élevé, comme cela s'est produit pour la classe annuelle de 1974 (figure 1), aboutirait à une prévision plusieurs fois plus élevée qu'une prévision fondée sur le taux de recrutement moyen. Par contre, un taux de recrutement très faible se traduirait par un nombre très restreint de reproducteurs frayant au printemps selon les prévisions. Toutefois, étant donné qu'il n'existe pas de méthode fiable de prévoir le taux de recrutement, il est plus prudent de baser les calculs sur les valeurs moyennes.

3.1.5 Résumé

Les prévisions reposent sur trois estimations: le taux de pêche optimal, la contribution des groupes d'âge constituant actuellement les stocks et la contribution des nouvelles catégories d'âge (recrutement). Les deux principales questions auxquelles il importe de répondre sont: comment peut-on estimer le taux de recrutement d'après l'abondance des jeunes harengs et comment peut-on mesurer le recrutement partiel du stock?

3.1.6 Analyse

Question:

Qu'advient-t-il des groupes d'âge 11+?

Réponse:

A l'heure actuelle, ces poissons sont limités, mais l'analyse tient compte du plus grand nombre de groupes d'âge possibles. Le nombre restreint de poissons d'âge 11+ est dû tant aux mortalités naturelles qu'à leur capture par les pêcheurs.

Commentaire:

Toutefois, dans la Baie des Chaleurs, on a relevé des harengs bleus de plus de 16 pouces de longueur qui sont peut-être plus âgés.

Commentaire:

On signale que 50 % des contingents de printemps de 1987 appartenaient à des groupes d'âge partiellement recrutés en 1985 (groupes d'âge 1, 2 et 3). Ces estimations du recrutement partiel sont basées sur les moyennes historiques et sont sujettes à des variations annuelles. A cet égard, on s'est demandé dans quelle mesure les contingents proposés étaient valables étant donné qu'on ne pouvait prévoir avec précision la taille des nouvelles classes annuelles recrutées.

On a également abordé brièvement l'établissement du $F_{0.1}$. On calcule le $F_{0.1}$ principalement parce qu'il s'agit d'une mesure pratique - il s'agit d'une méthode rapide et facile de déterminer certaines valeurs. Toutefois, cela ne suppose pas qu'il faut augmenter le taux de mortalité due à la pêche.

Commentaire:

On devrait viser principalement à maintenir le potentiel de fraie et non pas nécessairement le $F_{0.1}$. Pour maintenir le potentiel de fraie, on pourrait réglementer le maillage des filets et limiter l'effort de pêche sur une base hebdomadaire (autoriser la pêche pendant trois ou quatre jours sur sept seulement). Cependant, on a signalé qu'on devrait tenir compte des effets de la pêche aux filets maillants non seulement sur l'abondance de la biomasse des reproducteurs mais également sur leur comportement organisé.

Commentaire:

On a examiné la question des perturbations du comportement des reproducteurs dues à la pêche aux filets maillants. Certains représentants de l'industrie contestent ce point. Il n'est certainement pas clair si la pêche aux filets maillants perturbe les reproducteurs. Il faudra étudier ce point de façon plus approfondie. On a souligné le fait que les pêcheurs aux filets maillants ont toujours exploité les harengs pour leur rave et continuent à le faire.

Fig. 1 La variation annuelle dans le taux de recrutement des harengs d'âge 2 dans la zone 4T.

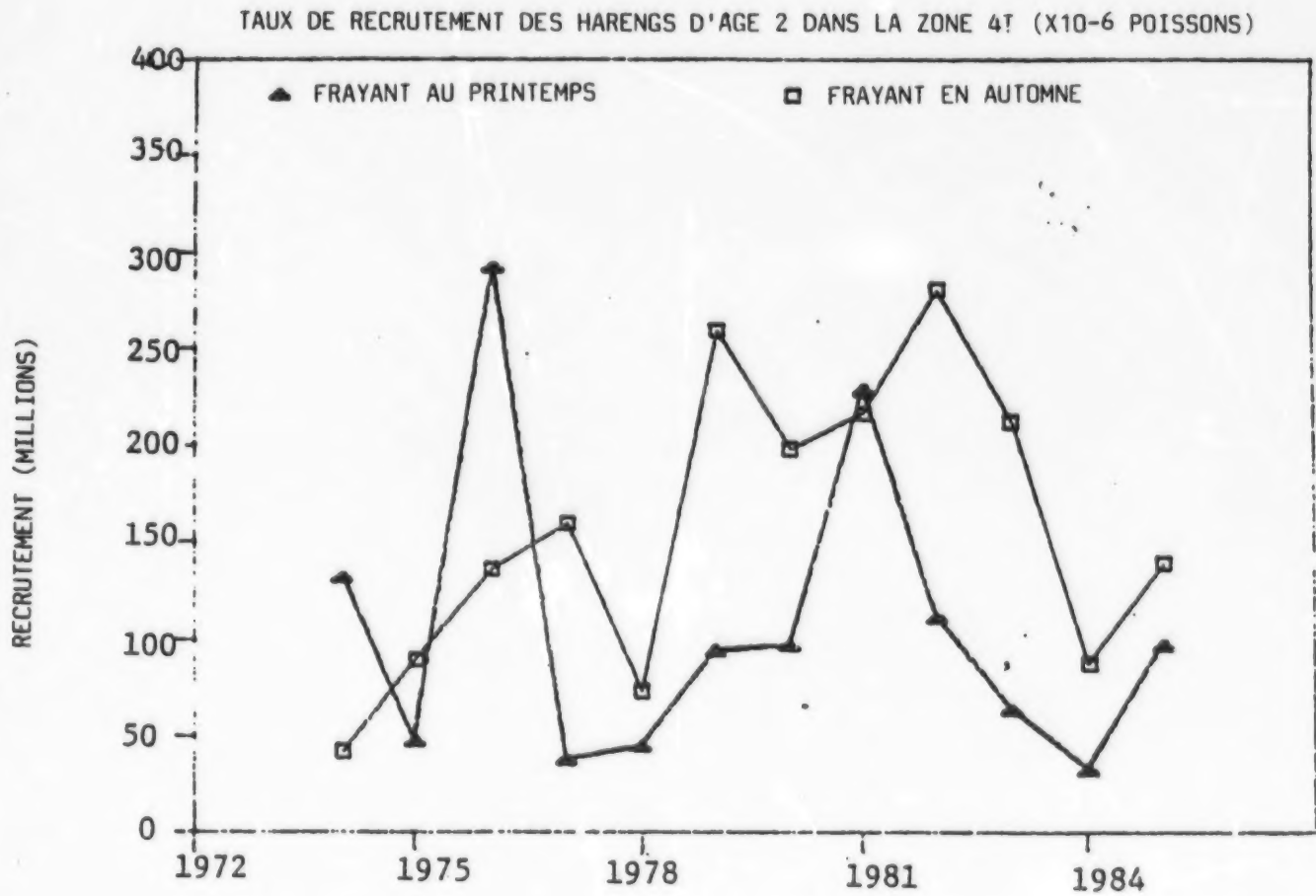
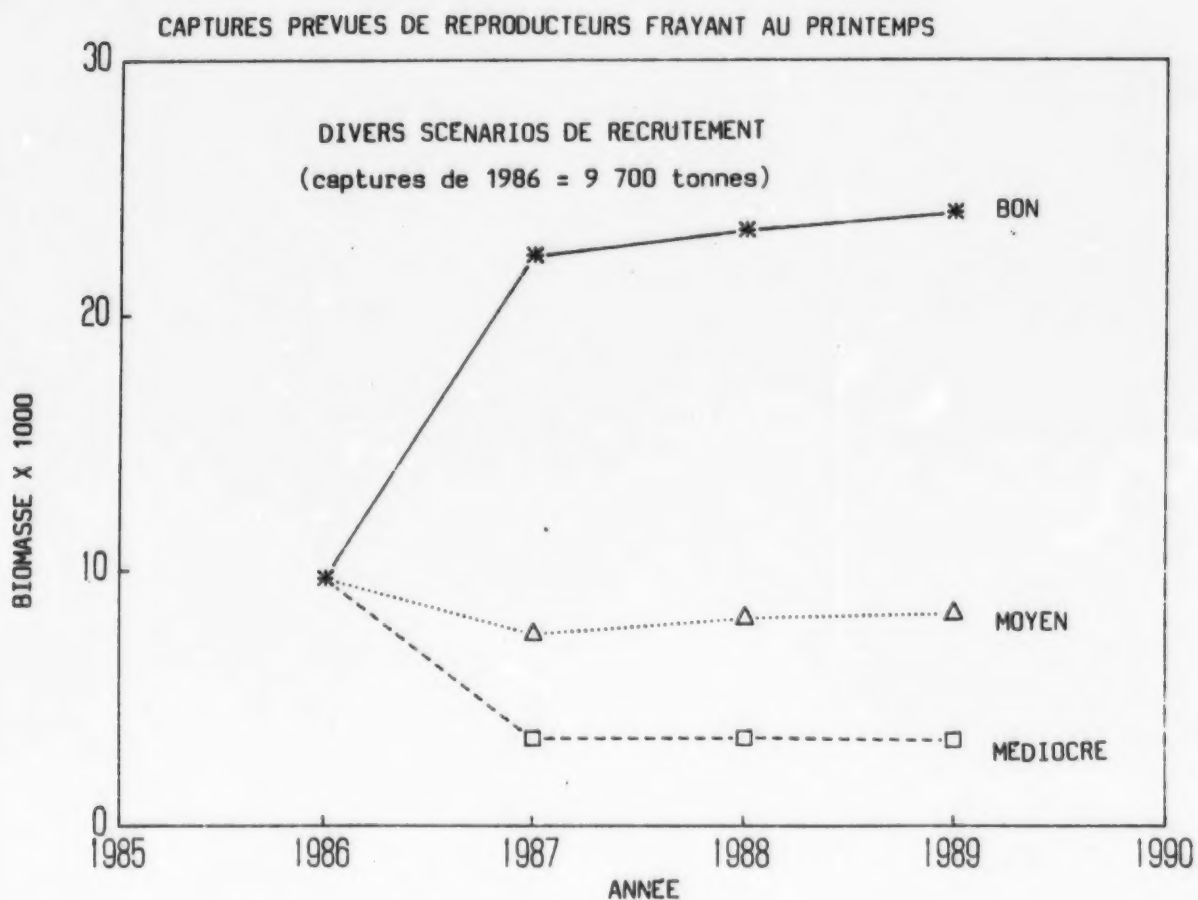


Fig. 2 Les prévisions à $F_{0.1}$ des reproducteurs frayant au printemps avec trois séminars de recrutement.



3.2 RENSEIGNEMENTS BIOLOGIQUES SUR LE HARENG DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

Max Stocker
Direction des sciences, région du Pacifique
Station biologique du Pacifique
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9R 5K6

L'aire de répartition du hareng du Pacifique (Clupea harengus pallasii) s'étend depuis le sud de la Californie jusqu'aux eaux arctiques de l'Alaska dans le Pacifique nord-est et depuis la Corée jusqu'à Kamchatka dans le Pacifique nord-est. Les harengs sont des poissons pélagiques planctonophages qui se réunissent en bancs. En mars et avril, ils se dirigent vers les zones intertidales et infratidales pour frayer. Ils pondent des oeufs démersaux qui se fixent à la végétation. Les larves éclosent au bout de 6 à 18 jours et les juvéniles se rallient aux stocks exploitables à l'âge de 2 à 5 ans. Leur espérance de vie maximale est de 20 ans et, dans cette zone de pêche, ils atteignent l'âge de 10 ans. En Colombie-Britannique, on distingue actuellement 7 stocks de harengs (Haist, Schweigert et Stocker, 1986).

La première capture commerciale du hareng du Pacifique a été enregistrée en 1877. De 1904 à 1934, les prises, qui pouvaient atteindre 77 000 tonnes par an, étaient destinées au marché du hareng salé à sec d'Orient. Puis, de 1935 à 1967, les harengs exploités par les pêcheurs à la senne coulissante étaient transformés en farine de poisson. Les harengs étaient capturés de novembre à mars, au cours de la fraie, dans les zones côtières. Les captures ont alors atteint jusqu'à 240 000 tonnes par an. Par suite de cette exploitation excessive et du manque de recrues, les stocks de harengs ont été épuisés et leur exploitation a été interdite à compter de 1968.

Lorsqu'on a ainsi mis fin à l'exploitation intensive du hareng en vue de sa transformation en farine de poisson, les stocks se sont reconstitués et on a commencé à pêcher ce poisson pour sa roque. Les pêcheurs à la senne coulissante et aux filets maillants capturent le hareng dans les frayères ou à proximité de celles-ci afin d'approvisionner le marché fort lucratif du kazunoko du Japon. Au cours de la courte saison de pêche, l'exploitation est intensive; la flottille a une capacité excessive et est difficile à gérer. Les pêcheurs de hareng approvisionnent également le marché des oeufs sur varech ainsi que les marchés des poissons comestibles et des appâts.

3.2.1 Gestion du hareng

En Colombie-Britannique, les objectifs de gestion prévoient un taux de captures fixe de 20 % de la biomasse des harengs et une biomasse minimale déterminée au préalable (Stocker, 1985). Voici les deux critères fondamentaux sur lesquels repose le système de gestion:

- 1) L'évaluation des stocks doit tenir compte de tous les renseignements disponibles;
- 2) Aux étapes de la planification et de l'exploitation mêmes, la gestion doit être structurée (figure 1).

Les organismes ou équipes ci-après veillent à ce que les objectifs de gestion soient atteints:

un comité d'évaluation des stocks
un groupe de travail chargé de la gestion du hareng
un comité consultatif de l'industrie
des équipes chargées de la gestion des stocks au cours de la saison.

Ces comités et groupes, qui ont été institutionnalisés en 1982, relèvent du coordonnateur du hareng de la Direction des pêches. Les membres de chaque comité ou équipe, dont le mandat diffère, doivent s'entendre à l'unanimité.

Le comité chargé de l'évaluation des stocks analyse les tendances relatives quant aux caractéristiques biologiques et aux observations sur le terrain qui servent à déterminer la biomasse exploitable. À l'aide de ces données, le groupe de travail chargé de la gestion du hareng établit les plans d'exploitation. Le comité consultatif de l'industrie revoit les activités de pêche, étudie les plans de gestion proposés et formule des recommandations à l'égard des plans d'exploitation définitifs.

Le mandat des équipes chargées de la gestion au cours de la saison de pêche varie quelque peu d'une zone à l'autre. Ils procèdent à des levés et à la récolte expérimentale de la roque à bord de bateaux affrétés, ils veillent à la mise en application des règlements et contingentent les captures et ils examinent la saison avec l'industrie.

Un avantage notable de ce système de gestion se fondant sur un "consensus" est dû au fait que les plans et les prises de décision sont enregistrés. On rédige des procès verbaux des réunions et des registres sont tenus quant aux stratégies de gestion mises en oeuvre au cours de la saison.

D'après les registres, on constate que les pêcheurs de la côte de la Colombie-Britannique respectent les contingents de harengs rogués (1 000 tonnes).

	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>
CAPTURES	73.6	63.1	37.3	14.4	26.3	27.5	38.9	32.6	24.4	15.1
CONTINGENT	72.6	74.6	53.8	31.7	27.3	31.8	28.0	31.3	18.9	12.5

3.2.2 Méthodes d'évaluation des stocks et de prévision

Un objectif de la gestion de la pêche est de prévoir la situation future des stocks. Afin de prévoir les captures potentielles, il faut évaluer la situation des stocks et déterminer quels sont les facteurs qui influent sur leur dynamique. On emploie actuellement deux méthodes analytiques d'évaluation des stocks : 1) analyse de la composition des stocks en fonction de l'âge et 2) évaluation en fonction des échappées. Ces modèles fournissent des descriptions simples de la dynamique des populations réelles.

Les estimations de la taille actuelle des populations obtenues au moyen de l'évaluation en fonction des échappées dépendent fortement de l'accessibilité des données sur le frai. Dans le modèle qui se fonde sur la composition des populations en fonction de l'âge, l'importance relative du frai peut être corrigée si l'on juge que les données à ce sujet sont plus ou moins précises. En outre, les méthodes d'évaluation analytique des stocks prévoient d'autres critères pour déterminer les contingents biologiques dans les zones de pêche du hareng de la Colombie-Britannique:

- tendances des stocks
- méthodes de prévision du taux de recrutement
- biomasse minimale (niveau minimal des stocks qui doit être maintenu; lorsque la biomasse est inférieure à cette valeur, l'exploitation est interdite.

Les prévisions des taux de recrutement revêtent une importance particulière au cours de l'évaluation des stocks. Le taux de recrutement des harengs varie fortement en fonction des changements des conditions océanographiques (figure 2). On a recours à des modèles qui dépendent des conditions environnementales afin de prévoir le taux de recrutement. Les courbes S-R (stock - recrutement) varient selon les changements des conditions environnementales d'une année à l'autre. À l'égard des pêches, les prévisions précises du taux de recrutement offrent de nombreux avantages aux pêcheurs commerciaux.

3.2.3 Résumé

- 1 - En Colombie-Britannique, on a recours à un système de contingents se fondant sur un taux de captures fixe de 20 % de la biomasse prévue et une biomasse minimale établie au préalable.
- 2 - Le système de gestion employé repose sur un "consensus". Il prévoit de nombreuses consultations.
- 3 - Le système est appuyé par de nombreuses données.
- 4 - L'évaluation analytique des stocks permet d'obtenir des données d'une précision raisonnable sur l'état antérieur des populations de harengs de la Colombie-Britannique. Ces méthodes sont sans cesse améliorées afin d'essayer d'éviter les situations qui entraînent des réductions marquées des stocks.

- 5 - Enfin, les pêcheurs de la Colombie-Britannique participent à l'évaluation annuelle des stocks en affrétant leurs bateaux (pour le prélèvement des échantillons biologiques). En outre, les pêcheurs à la senne coulissante et aux filets maillants prélèvent eux-mêmes des échantillons de leurs captures, et des représentants assistent, en qualité d'observateurs, à la réunion de l'évaluation des stocks et ils sont représentés au cours de la réunion du comité consultatif de l'industrie et du MPO.

3.2.4 Bibliographie

- Farlinger, S., 1986, Herring management in British Columbia, p. 11-19, in Haegele, C.W. (éd.), 1986, Proceedings of the fifth Pacific coast herring workshop, October 29-30, 1985, Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 1871: 164 p.
- Haist, V., M. Stocker et J.F. Schweigert, 1985, Stock assessments for British Columbia herring in 1984 and forecasts of the potential catch in 1985, Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1365: 53 p.
- Haist, V., J.F. Schweigert et M. Stocker, 1986. Stock assessments for British Columbia herring in 1985 and forecasts of the potential catch in 1986, Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 1889: 48 p.
- Stocker, M. 1985, Estimates of equilibrium biomass in the absence of fishing and corresponding CUTOFF levels for B.C. herring, 6 p, Rapport présenté au cours de la réunion annuelle du Comité d'évaluation des stocks de harengs, Cowichan Bay, 4 et 5 septembre 1985.

3.2.5 Analyse

Le système de gestion de harengs sur la côte ouest du Canada, on emploie un système de contingents prévoyant un taux fixe d'exploitation de 20 % de la biomasse des harengs et une biomasse minimale établie au préalable. Le système est administré de façon similaire à celui qui existe sur la côte est. L'industrie est représentée au sein du comité consultatif et du comité chargé de l'évaluation des stocks proprement dite.

Question:

Comment la biomasse minimale est-elle déterminée?

Réponse:

Le calcul se fonde sur les rapports stocks-recrutement. La biomasse minimale représente 25 % du stock non exploité. Ce pourcentage a été déterminé d'après le pourcentage fixé pour l'exploitation des anchois au Pérou. On y a recours afin d'essayer de déterminer la biomasse minimale des reproducteurs.

Commentaire:

Il y a deux méthodes de récolte de la roque sur varech: parage et milieu ouvert. Ce sont toutefois les pêcheurs à la senne coulissante et aux filets maillants qui capturent principalement les harengs rogués avant que ceux-ci ne fraient.

Commentaire:

Les fonds consacrés à la recherche sur le hareng diffèrent sur la côte est et ouest. On croit que davantage de fonds sont consacrés à cette fin sur la côte ouest. Toutefois, aucun chiffre n'a été présenté pour le confirmer.

Question:

Dans quelle mesure les renseignements sur l'environnement influent-ils sur la prévision des captures au cours de la détermination des relations stock-recrutement (S/R).

Réponse:

Les facteurs qui influent sur le recrutement sont les décharges des cours d'eau, la température de l'eau à la surface de la mer et le trafic maritime. En général, les eaux chaudes ne sont pas favorables au recrutement. Au cours des années plus chaudes, il semble que le merlu du Pacifique et le maquereau des États-Unis pénètrent dans les eaux situées plus au nord, où les jeunes harengs peuvent devenir leur proie. Dans une large mesure (50 %), la variabilité des rapports S/R est due aux changements des conditions environnementales. Par conséquent, ce genre d'analyse ne permet que d'évaluer de façon sommaire le recrutement (médiocre, moyen ou élevé). On a donc amorcé des études au moyen de filets sur des harengs de deux ans.

Commentaire:

Le prix de la roque est d'abord fixé (généralement faible) avant l'ouverture de la saison de pêche, mais il est augmenté après la récolte. Il est fixé à environ 2 000 \$ par tonne américaine pour les pêcheurs aux filets maillants et à 1 550 \$ par tonne américaine pour les pêcheurs à la senne coulissante. On utilise des filets maillants (maillant les poissons par la tête ou le corps avec des mailles de 2½ pouces qui permettent de capturer les poissons rogués.

Commentaire:

Etant donné que les moments d'ouverture et de fermeture des pêches diffèrent d'une petite zone à l'autre (il s'agit parfois de baies), les évaluations sont effectuées dans des zones restreintes au moyen des données sur les échappées.

Fig. 1 Structure de gestion du hareng en Colombie-Britannique (Farlinger, 1986).

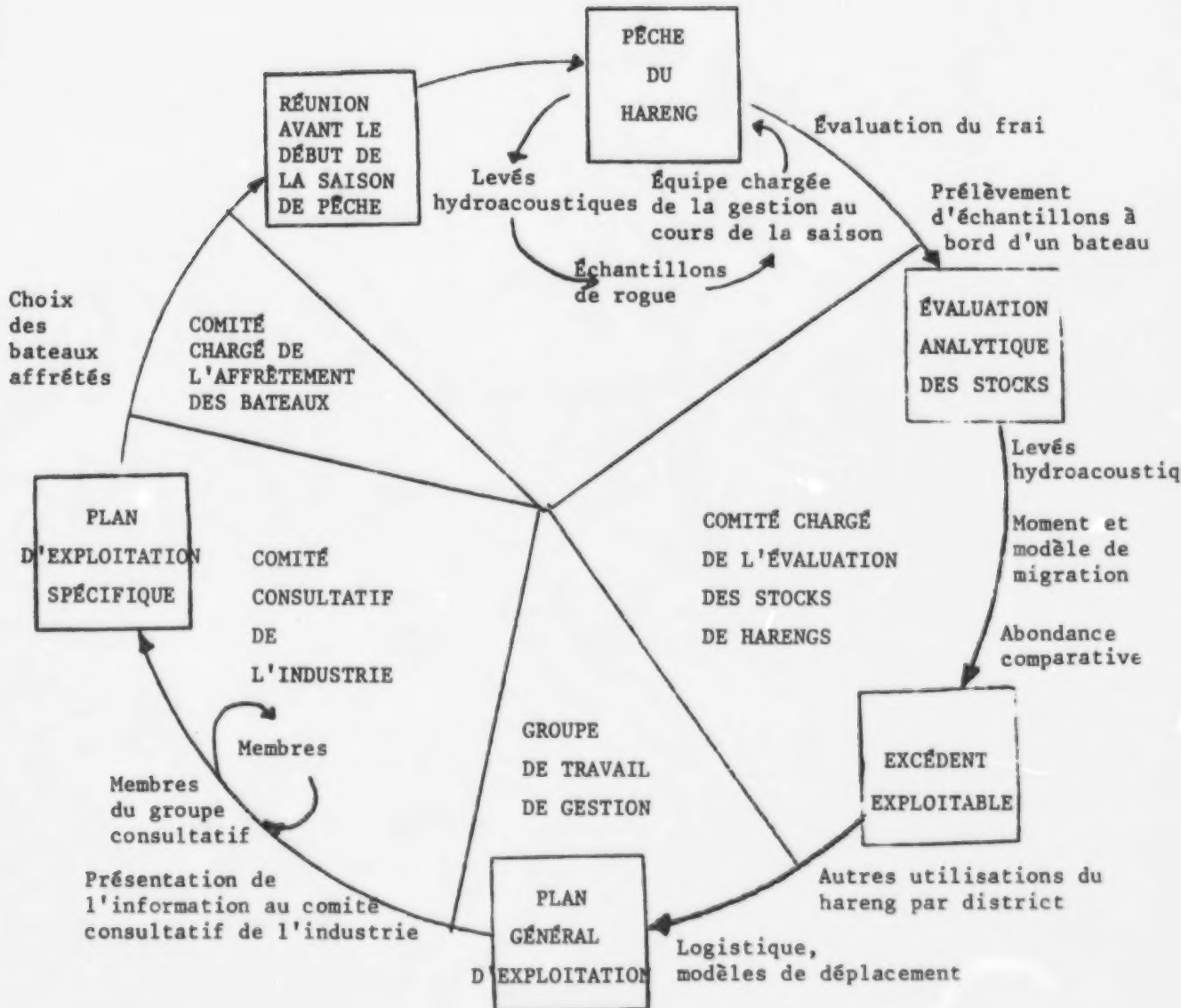
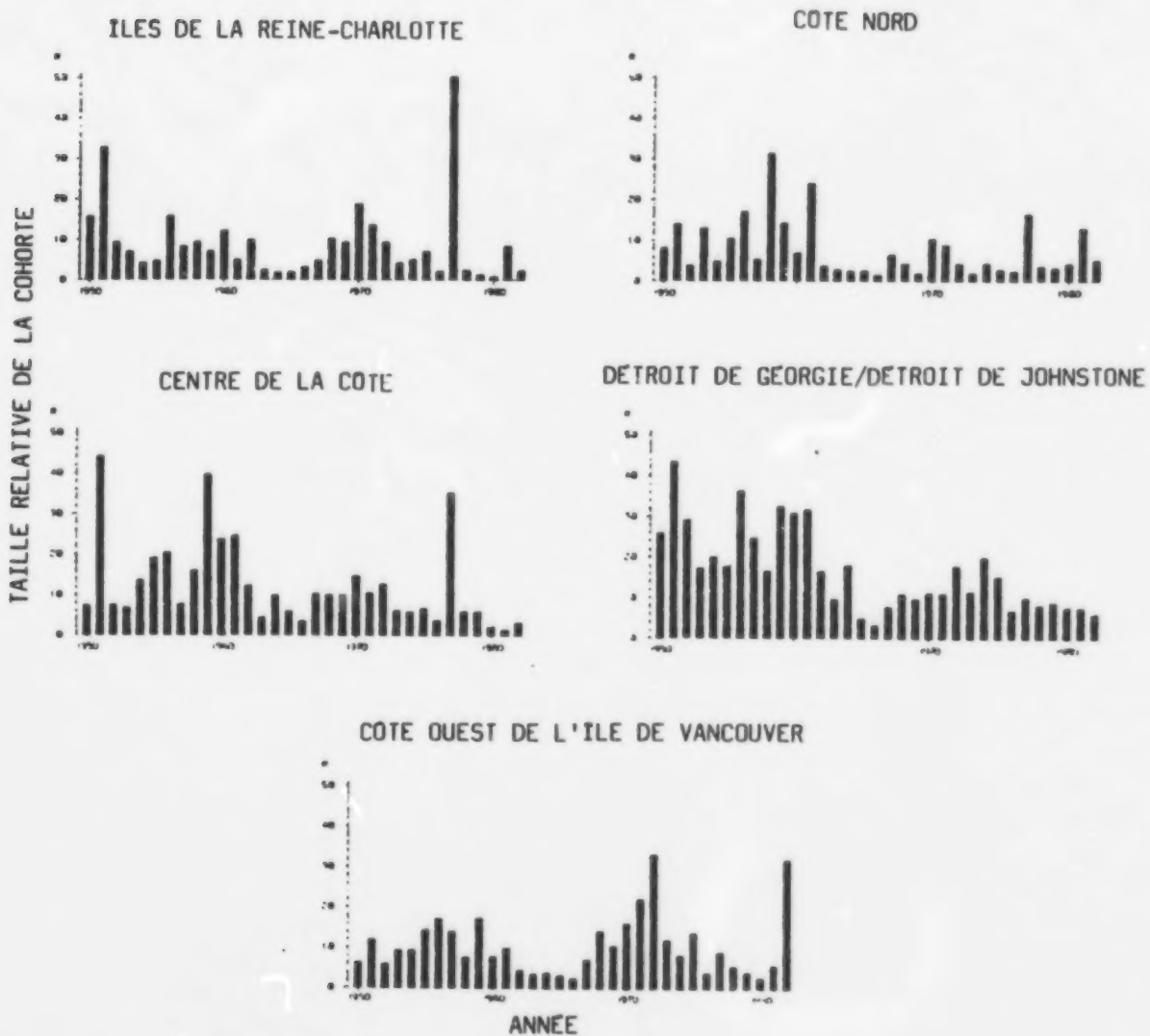


Figure 2. Taille relative des cohortes d'après le modèle analytique en fonction de l'âge, 1950-1982 (Haist et al., 1985).



4. COLLABORATION FUTURE

Cette dernière section traite d'abord de la collaboration entre les biologistes et les pêcheurs de la baie de Fundy. Ensuite, on se demande si un mécanisme formel doit être prévu pour faire en sorte que les pêcheurs et les biologistes collaborent à l'évaluation des stocks de hareng dans le golfe de Saint-Laurent. Enfin, on résume les principaux problèmes et questions qui ont été abordés au cours de l'atelier.

4.1 BAIE DE FUNDY : EXEMPLE DE COLLABORATION ENTRE LES SCIENTIFIQUES ET LES PÊCHEURS

Derrick Iles
Direction des sciences - Région de Scotia-Fundy
Station biologique
St-Andrews (Nouveau-Brunswick)

Dans certains milieux, la "gestion" est une source de confusion considérable. Les biologistes qui s'intéressent à la théorie de la gestion, mais ne participent pas directement à l'exploitation, ont tendance à ne formuler des recommandations qu'en matière de réglementation des captures et autres questions connexes. Les économistes, pour leur part, approfondissent un peu plus la question, mais ils ont tout de même tendance à adopter la même approche et, dans une large mesure, à examiner l'exploitation de la pêche en tant qu'industrie primaire - l'étude de tous les aspects d'une zone de pêche d'importance peut être si complexe qu'il devient impossible d'élaborer des théories à cet égard. En effet, certains biologistes des pêches croient que la "gestion" théorique des zones de pêche est aussi absurde que d'essayer d'énoncer des théories sur la chirurgie du cerveau ou sur les techniques des pianistes. À leur avis, il est crucial de s'intéresser, dans la mesure du possible, à l'exploitation des stocks.

Pour donner un aperçu des divers aspects de la gestion des pêches, et démontrer dans quelle mesure la gestion globale peut être complexe - elle l'est habituellement - voici les quatre questions qu'on peut se poser:

- 1) Quelle est l'abondance des stocks - question biologique;
- 2) Quelle est la valeur des stocks - question économique;
- 3) Combien d'emplois sont-ils créés - question sociale;
- 4) Combien de voix représentent les pêcheurs - question politique.

Toute personne qui s'intéresse directement aux véritables problèmes en matière de pêche reconnaîtra que les gens du milieu se posent invariablement ces questions et que toute personne soucieuse de ses propres intérêts ou responsabilités doit en tenir compte. Il est toutefois préférable de situer ces questions dans le contexte canadien. Il importe de souligner que la situation de la gestion au Canada est fonction de l'histoire socio-économique du Canada et du système politique qui en résulte. Non seulement cette situation de gestion concerne-t-elle exclusivement le Canada, mais elle se limite aux régions de pêche du pays. Lorsque le Canada a assumé la responsabilité de gérer ses stocks de poissons marins, de nouvelles questions ont été soulevées, et on tente encore d'éclaircir cette situation et de régler les problèmes par le biais de réunions de ce type.

Au Canada, l'aspect "biologique" des pêches relève d'une unique autorité, le Ministère fédéral des Pêches et Océans, plus précisément, du Ministre qui le dirige, ce qui reflète le type particulier de régime fédéral adopté, dès le départ, par le Canada. En matière de pêche, ce régime a des répercussions favorables, car les systèmes ou les responsabilités partagés sont presque inévitablement voués à l'échec. Aux États-Unis, tous les "états côtiers" ont des conflits à l'égard des limites dans la "zone de trois milles" et aucune autorité centrale ne peut régler les litiges, à moins que l'on s'en remette à Dieu lui-même! À mon avis, il a fortement aggravé la question des problèmes de gestion, particulièrement dans les zones de pêche du hareng dans l'est des États-Unis. La situation est identique dans l'Atlantique est, où tous les pays intéressés, à savoir environ 20, doivent s'entendre sur toute question liée aux pêches, même s'il s'agit de facteurs biologiques. Dans la pratique, les gestionnaires des échelons supérieurs ont tendance à éviter toute question difficile. Ils prétendent alors simplement que les biologistes n'ont pas fait leur boulot et que ceux-ci ne leur ont pas fourni de preuves définitives et incontestables qui justifieraient l'étude de questions aussi épineuses.

Toutefois, au sein du système canadien, il importe que les personnes responsables des recommandations scientifiques ne soient pas chargées de la gestion "globale", car leurs conseils pourraient influencer sur leurs compatriotes canadiens. Ces questions de gestion doivent être examinées et réglées le plus objectivement possible. Le CSCPCA a reçu ce mandat, bien qu'il y ait parfois confusion à cet égard. Par exemple, bon nombre de personnes croient que le total des prises admissibles est "fixé par les scientifiques", mais cela est tout à fait faux. Cette tâche n'incombe pas aux scientifiques et, même si, à tout moment, ils doivent être en mesure de justifier les conseils qu'ils énoncent aux cours du processus de gestion, ils doivent respecter les limites de leur mandat scientifique. Par contre, les scientifiques doivent être au courant de ce qui se produit dans les zones de pêche qu'ils évaluent.

En fait, la tâche des scientifiques est la plus simple lorsque ces derniers disposent de données adéquates sur les pêches. Les règles à suivre sont beaucoup mieux définies et leurs objectifs sont habituellement fixés de façon uniforme, sans aucune considération pour les questions de gestion où interviennent des intérêts particuliers et à l'égard desquelles les décisions prises sont subjectives plutôt qu'objectives. Voici une définition assez juste de la gestion à un niveau de responsabilité plus élevé : "Le règlement quantitatif des conflits d'intérêt". À cet égard, le projet de la baie de Fundy constitue un excellent exemple d'une situation fort complexe où on a dû procéder à un tel règlement.

Henry Ford estimait que l'histoire n'était que foutaise, mais la situation actuelle de la pêche sur la côte est canadienne est le fruit des événements récents par suite desquels le Canada a assumé l'entière responsabilité de gestion des zones de pêche. Les sceptiques n'ont qu'à songer à ce qui s'est produit avec Saint-Pierre et Miquelon. Cette situation touchant l'industrie du hareng de la baie de Fundy a vu le jour au moment de la signature de l'entente du CSCPCA au début de 1972 et que le Canada a immédiatement mise en vigueur de façon rigoureuse. Cette attitude

"hypocritement pieuse" a irrité certains pêcheurs canadiens, mais nous devons agir de la sorte pour faire preuve de notre détermination et de notre compétence. Nous n'en n'étions pas au point où nous pouvions revendiquer la responsabilité exclusive de gestion et nous devons oeuvrer au sein du CSCPCA, qui était l'unique autorité qui existait à l'époque. Ni les pêcheurs ni l'industrie en général n'étaient convaincus de la nécessité de l'accord du CSCPCA car les pêcheurs des autres pays dépassaient constamment les contingents imposés. Croyez-moi, il n'a pas été facile de les en persuader.

Il faut tenir compte de deux points qui ont influé sur l'évolution ultérieure de la situation. L'accord du CCFCPA dépendait, de façon cruciale, de l'affectation de "parts nationales" aux divers gouvernements intéressés, sinon les divers pays, dont les marchés et les saisons de pêche différaient, n'auraient pu convenir de contingents annuels. Un pays dont le début de la saison de pêche coïncidait avec celui de l'année de contingentement aurait pu épuiser les ressources! Détail intéressant, c'est dans le cadre de cette entente que le critère "FO.1" a d'abord été employé. Chose curieuse, ce critère n'a pas servi à fixer des niveaux de captures mais à riposter à un argument des étrangers qui prétendaient que les limites de captures n'étaient pas nécessaires, fait qui ne reflète pas l'avis général. Les personnes qui, au départ, ont énoncé que les captures de hareng devaient être limitées ont été quelque peu étonnées lorsque cette restriction a été intégrée aux objectifs de gestion de base dans les zones de pêche des deux côtés de l'Atlantique.

Au Canada, l'imposition des limites de captures, déterminées selon les contingents du CSCPCA, a réduit énormément la durée de la saison de pêche estivale au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Au bout de deux saisons, elle est passée à environ six semaines, alors qu'elle se prolongeait sur plusieurs mois avant le contingentement des prises. Les contingents ont suscité de vives disputes parmi les 50 pêcheurs à la senne coulissante canadiens ou plus qui exploitaient cette zone; chacun voulait se faire la part du lion avant que les contingents ne soient épuisés, et les pêcheurs redoutaient les pannes et les pertes d'engins qui, dorénavant, pouvaient être catastrophiques.

Au cours des premières années, les répercussions sur l'économie en général ont été limitées, car le prix demandé par les pêcheurs pour le hareng, qui était presque exclusivement transformé en farine de poisson, était relativement élevé. En 1975, les pêcheurs ont subi le contre-coup d'une baisse soudaine généralisée du prix de la farine de poisson; en 1976, au Canada, la valeur totale des contingents proposés par le CSCPCA ne pouvait même pas assurer la simple subsistance de la moitié des bateaux de la flottille.

Les pêcheurs ont fait des démarches auprès du ministre, qui leur a proposé de se réunir pour analyser la situation et, avec l'aide de ses experts-conseils, proposer des solutions aux problèmes. À cette fin, on a donc créé un comité, dont, chose singulière, le travail a abouti à des résultats utiles.

L'analyse de la situation a été fort simple : on a dû présumer que le nombre de harengs pouvant être exploités était déterminé selon les contingents globaux internationaux et que le Canada ne pouvait accroître les captures admissibles car celles-ci étaient fixées en vertu d'un traité international. De toute évidence, les pêcheurs ont jugé qu'il était inadmissible de réduire la flottille de plus de 50 %, même si on pouvait garantir qu'il n'y aurait aucune réduction ultérieure. En conséquence, ils devaient être en mesure de vendre les poissons à un prix plus fort, et ils devaient trouver ou créer des débouchés qui le leur permettraient.

Un tel marché existait en Europe. En Allemagne de l'Ouest particulièrement, les filets papillons étaient fort prisés, mais les pêcheurs canadiens ne disposaient pas des installations nécessaires afin de produire les filets de choix exigés par ce marché. Pour la transformation du poisson en farine, on utilisait pratiquement tous les types de harengs (de toutes tailles et, dans une certaine limite, de toutes qualités), et, dans une très large mesure, les techniques et l'économie de l'industrie dans son ensemble visaient ce seul produit.

On s'est alors rendu à l'évidence que toute l'industrie devait être transformée afin d'offrir des produits de choix plutôt que de qualité inférieure; la qualité des produits est donc devenue un objectif crucial et les "profanes", à tout le moins, qui s'intéressaient au projet, ont pu constater que les débouchés offerts par le MARCHÉ était le facteur qui revêtait le plus d'importance à l'égard des pêches, tout comme pour toute activité économique. On se rendait compte que les opérations devaient être lucratives.

Il était aussi net qu'un tel changement majeur toucherait tant les pêcheurs que les transformateurs, ce qui a suscité de nouvelles difficultés. Les transformateurs ne pouvaient pas se permettre de se doter des installations nécessaires à la transformation de ces produits si la saison de pêche ne durait que de six à huit semaines, ce qu'entraînerait inévitablement l'imposition des contingents au Canada. Les difficultés causées par les contingents disponibles à l'échelle internationale existaient également à l'échelle nationale. On a dû reconnaître que des améliorations majeures, voire spectaculaires, devaient être apportées à la transformation du poisson et à son transport jusqu'à l'usine. Jusqu'à cette époque, seulement les harengs les plus frais qui étaient débarqués sans être endommagés étaient destinés à la consommation humaine et, même lorsque les conditions étaient optimales, ils ne représentaient jamais plus que 10 % environ du total des captures.

Pour leur part, les pêcheurs devaient tenter de réduire le taux de captures de la flottille dans son ensemble de manière à ce que les contingents puissent être échelonnés sur une saison plus longue. Pour cela, ils devaient donc s'entendre pour faire en sorte que les contingents et les limites de prises de chaque bateau tiennent compte des conditions du marché. Le plus grave problème auquel on s'est heurté concernait les contingents des bateaux, qui devaient s'appliquer à tous les navires de la flottille, qu'ils appartiennent aux pêcheurs ou aux usines. Lorsqu'on songe qu'en 1975, les captures par bateau variaient depuis un maximum de près de

4 000 tonnes à moins de 100 tonnes, on se rend compte de l'étendue du problème auquel les pêcheurs se heurtaient. Fait remarquable pour l'époque, tous les pêcheurs ont fait preuve de bonne volonté en convenant d'une stratégie d'affectation des contingents qui donnait au moins une chance à tous les bateaux de la flottille de poursuivre l'exploitation. Les contingents ont été déterminés en fonction de la taille et de l'équipage des bateaux et de leur rendement au cours des dernières saisons de pêche et, dans des cas spéciaux, on réévaluait la situation des propriétaires de bateaux ayant subi de dures épreuves. Les pêcheurs ont également convenu d'une méthode de répartition des captures parmi les bateaux de la flottille de manière à tenir compte des besoins du marché, ce qui a abouti à des contingents hebdomadaires.

On a alors reconnu la nécessité de créer un organisme chargé de coordonner l'offre en fonction de la demande et de veiller à ce que les pêcheurs respectent toutes les mesures convenues ainsi que les contingents canadiens établis par le CSCPCA, qui ne pouvaient être modifiées afin d'offrir une plus grande souplesse à l'industrie.

À cet égard, deux autres points doivent être signalés. Afin de faire valoir qu'on tentait véritablement de structurer l'exploitation dans son ensemble et pour donner toutes les chances de succès au projet, le Ministre a redonné force de loi à l'article de la Loi sur les pêcheries interdisant la transformation du hareng en farine, lequel n'était plus mis en application. En outre, pour offrir certaines incitations financières aux pêcheurs et pour leur permettre d'au moins entrevoir l'évolution future de la situation, on a, pour la première fois, permis aux pêcheurs de vendre directement des harengs destinés à la consommation humaine aux pêcheurs polonais à des prix très raisonnables. Même si, au bout de la première année du projet, on s'est rendu compte qu'on ne pouvait pas pêcher uniquement des poissons destinés à la consommation humaine, et il a été nécessaire de lever le moratoire sur la transformation du hareng en farine de poisson à la fin de la saison, au cours de la deuxième année, moins de 5 % de tous les poissons capturés ont été transformés en farine et les transformateurs utilisaient pratiquement toutes les parties des poissons à cette fin. Les personnes qui avaient critiqué le projet parce qu'ils étaient convaincus qu'il serait impossible d'apporter des changements aussi radicaux dans des délais aussi brefs en restaient coites.

Le succès du projet dépendait, de façon cruciale, de l'établissement d'un système de rapport équitable et honnête pour faire en sorte que tous les pêcheurs respectent leurs contingents. Les pêcheurs ne sont ni plus ni moins honnêtes que d'autres et, avant que le projet de la baie de Fundy ne soit amorcé, chacun travaillait pour soi. Non seulement le système de rapport devait-il être efficace, mais il devait aussi être jugé de la sorte et, dans la pratique, les seules personnes qui étaient véritablement au courant de ce qui se produisait à ce moment précis étaient les pêcheurs proprement dits et, bien sûr, les exploitants des usines qui transformaient les poissons. Un système de rapport et d'analyse a été établi à la station biologique de Saint-André, où étaient expédiés les rapports de toutes sources et où l'on tenait des registres et, au besoin, on donnait l'alerte. Afin non seulement de faire en sorte que le système soit équitable mais

également qu'il soit jugé ainsi, un bulletin hebdomadaire donnant les résultats détaillés de la semaine précédente a été publié. Le bulletin précisait le nombre de captures par bateau, par jour de la semaine et par zone exploitée ainsi que les points de débarquement et les diverses fins auxquelles les produits étaient utilisés. Le système a été étendu aux pêcheurs utilisant des parcs de pêche dans la baie de Fundy et, le mardi, on pouvait obtenir l'analyse des captures de la semaine précédente. Bien qu'on y ait apporté certaines modifications, ce système est encore utilisé en Nouvelle-Écosse, où le service est fort rapide.

L'exploitation du hareng a été totalement transformée et la pêche est devenue beaucoup plus lucrative au bout de trois ou quatre ans; depuis cette époque, les conditions ont été moins favorables et le marché des filets qui, à l'époque, florissait, a été épuisé mais l'on estime qu'au cours des premières années, le projet a révolutionné l'industrie, ce qui a facilité l'acceptation des organisations des pêcheurs et a contraint toutes les parties intéressées à reconnaître qu'elles devaient régler conjointement les problèmes communs pour assurer le succès de leurs entreprises, même si leurs objectifs particuliers différaient. Il importe d'identifier ces problèmes communs, d'établir des objectifs collectifs et de prévoir toute situation qui peut se répercuter sur l'industrie dans son ensemble. Par exemple, qu'advviendrait-il si le marché japonais de la roque s'effondrait?

Examinons certains aspects de l'organisation du projet qui, estimait-on, ont contribué à son succès. D'abord, et ce qui importe peut-être avant tout, tous les problèmes ont été analysés de façon détaillée par les personnes directement concernées et, par conséquent, les mieux renseignées en la matière. Ce sont également elles qui ont proposé des solutions aux problèmes. La question la plus cruciale concernait l'affectation des contingents parmi les capitaines des bateaux. Soulignons que ce sont les pêcheurs eux-mêmes qui ont convenu d'une méthode de répartition; ils ont établi leurs propres critères et ont fourni les renseignements précis qui se posaient pour les appliquer. Il était capital que le projet soit suffisamment souple de manière à tenir compte de l'évolution rapide et souvent imprévisible du marché et de l'état des stocks. A cette fin, la gestion "en temps réel" des ressources a été confiée à un petit groupe d'employés du ministère qui ont été investis du pouvoir de prendre les décisions pertinentes ou de formuler des propositions respectant les principes directeurs établis par les gestionnaires supérieurs. À leur tour, ces employés devaient avoir constamment accès à des données précises et mises à jour fournies par les pêcheurs eux-mêmes. Même si des personnes compétentes devaient se charger de l'analyse des données recueillies et de leur transmission, seule l'industrie pouvait fournir les renseignements requis. C'est donc dire que des personnes ayant des intérêts fort différents, voire même des conflits d'intérêt, devaient collaborer à certaines étapes pour que le projet soit couronné de succès.

Pour que cette collaboration devienne "formelle", à la fin de chaque saison, une réunion, à laquelle assistaient avec enthousiasme toutes les parties intéressées, a été tenue pour procéder à une analyse rétrospective. Ces analyses se sont poursuivies pendant toute la saison d'interdiction et, finalement, ont permis de proposer des moyens de résoudre les problèmes

survenus au cours de la saison de pêche mais n'avaient pu être réglés à ce moment. Ces propositions étaient présentées au ministère pour qu'elles soient acceptées ou modifiées et étaient mises en oeuvre avant l'ouverture de la saison de pêche suivante. Il s'agit d'un cas unique où le "plan opérationnel" a été établi par l'industrie proprement dite et le personnel "local" du ministère, et soumis à l'approbation des gestionnaires supérieurs. En règle générale, c'est l'inverse qui se produit, mais on ne peut avoir recours à un tel système que si toutes les parties intéressées ont le désir de s'entendre ou sont contraintes de le faire à cause d'une situation qui risque de devenir catastrophique ou de difficultés marquées auxquelles elles se heurtent en matière de gestion. Aucune difficulté n'a été contournée. Les discussions étaient souvent franches, voire même brutales, mais, au bout d'un certain temps, on a commencé à tenir compte des points de vue des concurrents ou des opposants traditionnels de sorte qu'on a pu, à tout le moins, déterminer ce qui pouvait être réalisé et ce qui ne pouvait pas l'être. Si de telles interactions ne sont pas favorisées, on risque de juger qu'il est impossible de régler un problème même avant de l'avoir analysé de façon objective et de ne pas soulever des problèmes qui, même s'ils sont complexes, peuvent être résolus.

D'ailleurs, le genre de réunion tenue ici a bien des aspects déjà connus de ceux qui ont participé au projet de la baie de Fundy, et, à mon avis, il est certain que ce type de collaboration peut aboutir à de bons résultats.

4.2 FAUT-IL PREVOIR UN MECANISME FORMEL?

Le moyen le plus simple de s'assurer que le processus devienne formel serait de refaire cet atelier chaque année. Les participants étaient tous d'accord sur ce point. L'objectif des ateliers serait de permettre aux biologistes et aux pêcheurs de déterminer quel indice d'abondance est le plus représentatif de la pêcherie avant d'évaluer les stocks.

Plusieurs points ont été soulevés. D'abord, ceux qui participent à l'atelier devraient être membres d'un groupe de travail technique qui, à son tour, ferait partie du comité consultatif sur les poissons pélagiques du golfe de Saint-Laurent. Ce groupe de travail serait chargé de veiller à ce que tous les groupes d'intérêt soient représentés de façon équitable. Ensuite, ce groupe de travail devrait se rencontrer au moins deux fois par an : avant l'évaluation des stocks afin d'examiner les indices d'abondance et d'autres paramètres de la pêcherie et après l'approbation de l'évaluation par le CSCPCA.

4.3 RESUME DES PRINCIPAUX POINTS TRAITES

4.3.1 Identification des stocks

S'ils ne sont pas bien gérés, les stocks peuvent s'épuiser;

Il n'y a aucun signe qui permette de croire qu'un stock peut faciliter le rétablissement d'un autre stock;

Des recherches doivent se poursuivre sur la structure de stocks;

On recommande de revoir la base de données historiques sur l'étiquetage;

Les levés acoustiques peuvent faciliter l'identification des stocks de hareng.

4.3.2 Pêcheurs collaborant à l'établissement des indices

Il est fortement recommandé que les pêcheurs qui collaborent à l'établissement des indices d'abondance aient recours à des filets dont le maillage est inférieur et supérieur à celui des filets qu'ils emploient habituellement dans la zone de pêche.

4.3.3 Levés acoustiques

Un programme de levés intensif devrait être amorcé dans la baie des Chaleurs, mais le poste budgétaire prévu à cet égard est inadéquat.

Les études réalisées en novembre n'offrent pas de résultats qui permettent d'accroître la biomasse de stocks précis et, par conséquent, il faut étudier la totalité du stock du golfe de Saint-Laurent.

Des levés acoustiques devraient être effectués en des zones précises des frayères où se rassemblent les reproducteurs.

L'exécution de bons levés acoustiques constitue un investissement qui ne porte fruit qu'à long terme.

4.3.4 Etude des frayères

Des études menées par des scaphandriers devraient être réalisées afin d'évaluer les répercussions néfastes possibles de la pêche sur les frayères.

Les frayères de la baie des Chaleurs pourraient faire l'objet d'études.

4.3.5 Etude des larves

Les études sur les oeufs de maquereaux sont susceptibles de fournir des renseignements sur les larves de harengs; elles peuvent du moins fournir des renseignements utiles à la détermination de la répartition des larves.

4.3.6 Journaux de bord

La pêche aux filets maillants se prête facilement à l'utilisation de journaux de bord, mais il est contre-indiqué de contraindre ces pêcheurs à les utiliser. Les pêcheurs donnent des renseignements erronés parce qu'ils surestiment le stock.

4.3.7 Prévisions

Il importe d'effectuer des prévisions au moyen de diverses stratégies de pêche (autres que $F_{0.1}$.)

Les recommandations doivent être formulées dans des délais beaucoup plus brefs.

5. LISTE DE PARTICIPANTS

<u>Nom</u>	<u>Organisme</u>	<u>Ville</u>
Stuart Beaton	Union des pêcheurs des Maritimes	North Bay, N.-E.
Fernand Bourgeois	Sec.-trés., Union des Pêcheurs des Maritimes	Shediac Bridge, N.-B.
Walter Bruce	Fédération des pêcheurs de l'Est	Ile-du-Prince-Edouard
Scott Campbell	Pêches et Océans	Moncton, N.-B.
René Castilloux	Prés. Assoc. des Pêcheurs Côtiers	Newport, P.Q.
Michael Chadwick	Pêches et Océans	Moncton, N.-B.
Réginald Comeau	Union des Pêcheurs des Maritimes	Sheila, N.-B.
Bernie Conway	Union des Pêcheurs des Maritimes	Ile-du-Prince-Edouard
Maxime Cormier	Assoc. des empaqueteurs de poisson du Nouveau-Brunswick	Moncton, N.-B.
André Doiron	Union des Pêcheurs des Maritimes	Caraquet, N.-B.
Peter Dysart	Assoc. des empaqueteurs de poisson du Nouveau-Brunswick	Moncton, N.-B.
Fernand Friolet	Assoc. des senneurs du Golfe Ltée	Bas Caraquet, N.-B.
Derrick Iles	Pêches et Océans	St. Andrews, N.-B.
Bob MacClure	SPANS	Shelburne, N.-E.
Paul-Aimé Maillet	Union des Pêcheurs des Maritimes	LeGoulet, N.-B.
Shoukry Messieh	Pêches et Océans	Moncton, N.-B.
Marcel Muise	Union des Pêcheurs des Maritimes	Baie Ste-Anne, N.-B.
Gloria Nielsen	Pêches et Océans	Moncton, N.-B.
Eugene Niles	Pêches et Océans	Moncton, N.-B.
Bob O'Boyle	Institut océanographique de Bedford	Dartmouth, N.-E.
Louis Poirier	L'Association de Pêcheurs Propriétaires des Iles de la Madeleine	Cap aux Meules, P.Q.
Edouard Richard	Union des Pêcheurs des Maritimes	Richibouctou, N.-B.
Arthur Rioux	Assoc. des empaqueteurs de poisson du Nouveau-Brunswick	Shippagan, N.-B.
Denis Rivard	Pêches et Océans	Ottawa, Ontario
Ross Shotton	Pêches et Océans	Halifax, N.-E.
Rob Stephenson	Pêches et Océans	St. Andrews, N.-B.
Max Stocker	Station biologique du Pacifique	Nanaimo, C.-B.
Cliff Thomson	PEI Fishermen's Association	Charlottetown, I.-P.-E.
Rhéal Vienneau	Pêches et Océans	Moncton, N.-B.
John Wheeler	Centre des pêches de l'Atlantique-nord-ouest	St-Jean, I.-N.